

Блок работы с данными дистанционного зондирования Земли Единой федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения

К. А. Буланов¹, П. В. Денисов², Е. А. Лупян³, А. С. Мартьянов², И. И. Середа²,
К. А. Трошко², В. А. Толпин³, С. А. Барталев³, С. А. Хвостиков³

¹ Минсельхоз России, Москва, 107139, Россия

E-mail: k.bulanov@mcsx.ru

² Аналитический центр Минсельхоза России, Москва, 115035, Россия

E-mail: p.denisov@mcsxas.ru

³ Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия

E-mail: evgeny@d902.iki.rssi.ru

В апреле 2018 г. в Минсельхозе России была введена в эксплуатацию Единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения и землях, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий (ЕФИС ЗСН), одной из частей которой стал блок работы с данными дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), разработанный на базе сервиса спутникового мониторинга растительности ВЕГА. В работе приведено описание особенностей блока ДЗЗ ЕФИС ЗСН и использованных при его создании технологических решений. Охарактеризованы основные возможности системы, ориентированные на решение задач государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения: оценка используемости сельскохозяйственных угодий; верификация сведений о выращиваемых сельскохозяйственных культурах, поступающих в ЕФИС ЗСН от региональных органов управления агропромышленным комплексом (РОУ АПК); мониторинг состояния посевов сельскохозяйственных культур на уровне отдельных полей, муниципальных районов и субъектов Российской Федерации. Приведены перспективы развития блока, нацеленные на решение новых задач мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и посевов сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: сельское хозяйство, государственный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения, информационная система, ЕФИС ЗСН, дистанционное зондирование, спутниковый мониторинг

Одобрена к печати: 21.05.2019

DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-171-182

Введение

Земли сельскохозяйственного назначения занимают 22,4 % (383,2 млн га) площади земельного фонда Российской Федерации (Доклад..., 2019). Постановлением Правительства Российской Федерации от 12 июня 2008 г. № 450 на Минсельхоз России возложены полномочия по осуществлению государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, который включает мониторинг их состояния и использования. Для обеспечения проведения государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, информационной поддержки принятия управленческих решений на основе его результатов в Минсельхозе России разработана Единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения и землях, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий (далее — ЕФИС ЗСН, Система). Система введена в эксплуатацию приказом Минсельхоза России от 2 апреля 2018 г. № 130.

Основными задачами ЕФИС ЗСН являются получение, хранение, обработка сведений об использовании и состоянии земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации, учёт этих земель, систематическое наблюдение за их состоянием и использованием. Кроме того, Система выполняет такие важные функции, как интеграция и комплексный анализ сведений из различных источников о качественных характеристиках земель

сельскохозяйственного назначения и их фактическом использовании, а также визуализация результатов государственного мониторинга и обеспечение информацией авторизованных пользователей (Козубенко, 2018). В *табл. 1* приведены основные виды данных, содержащихся в Системе, и их источники.

Таблица 1. Основные виды данных в ЕФИС ЗСН и их возможные источники

Виды информации	Возможные источники информации
Границы и площади сельскохозяйственных угодий	РОУ АПК, центры и станции агрохимической службы (АХС), данные ДЗЗ, Государственный кадастр недвижимости (ГКН)
Виды сельскохозяйственных угодий	РОУ АПК, АХС, данные ДЗЗ
Выращиваемая сельскохозяйственная культура и площадь сева	РОУ АПК, АХС, данные ДЗЗ, сельхозтоваропроизводители (СХТП)
Состояние посевов сельскохозяйственных культур	Данные ДЗЗ, СХТП
Сведения о неиспользовании сельскохозяйственных угодий	РОУ АПК, АХС, данные ДЗЗ
Сведения о правообладателях земельных участков	РОУ АПК, ГКН
Показатели почвенного плодородия	АХС
Информация о негативных процессах на землях сельскохозяйственного назначения	АХС, данные ДЗЗ
Информация о чрезвычайных ситуациях (ЧС) на землях сельскохозяйственного назначения	Данные ДЗЗ, РОУ АПК
Сведения об объектах и сооружениях мелиорации	Управления мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения

Существенная роль при создании ЕФИС ЗСН отведена использованию технологий спутникового мониторинга. Так, одной из составных частей ЕФИС ЗСН стал специализированный блок работы с данными ДЗЗ, получивший название «Аналитик ДЗЗ ЕФИС ЗСН» (Буланов и др., 2018; Козубенко и др., 2018). Блок разработан на базе сервисов спутникового мониторинга растительности семейства ВЕГА (Лупян и др., 2011), входящего в состав Центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ЦКП «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2015б, 2019). Основной задачей реализованных в блоке ДЗЗ функций является оперативное получение объективной информации о состоянии и использовании сельскохозяйственных земель и посевов, а также верификация данных, предоставляемых подведомственными Минсельхозу России учреждениями и РОУ АПК. Блок «Аналитик ДЗЗ ЕФИС ЗСН» создан для обеспечения углублённого анализа состояния и использования земель сельскохозяйственного назначения и рассчитан на работу с ним подготовленных специалистов, в первую очередь Аналитического центра Минсельхоза России.

Настоящая работа посвящена описанию блока ДЗЗ ЕФИС ЗСН, технологических решений, используемых при его создании, а также реализованных в нём возможностей использования данных ДЗЗ для мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и посевов сельскохозяйственных культур.

Основные особенности блока ДЗЗ ЕФИС ЗСН и используемые данные

Основой для создания блока «Аналитик ДЗЗ ЕФИС ЗСН» стали методы и технологии дистанционного мониторинга растительности, разработанные в ИКИ РАН (Егоров и др., 2004; Кашницкий и др., 2015; Лупян и др., 2015а; Прошин и др., 2016; Сычугов и др., 2015; Толпин и др., 2011). Главные источники информации и виды данных, получаемые на их основе и доступные в блоке ДЗЗ ЕФИС ЗСН, представлены в *табл. 2*.

Таблица 2. Блок ДЗЗ ЕФИС ЗСН: основные источники и виды данных

Источник данных	Основные виды данных, используемых в блоке ДЗЗ ЕФИС ЗСН
ЕФИС ЗСН (http://efis.mcx.ru/opendata)	Границы и идентификационные номера сельскохозяйственных угодий; виды сельскохозяйственных угодий; сведения о выращиваемых сельскохозяйственных культурах
Центр коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг» (http://ckp.geosmis.ru/)	Многолетние архивы спутниковых данных на территорию Российской Федерации; информационные продукты, получаемые на основе обработки спутниковых данных (вегетационные индексы, безоблачные композиты, маски обрабатываемой пашни, озимых и яровых культур, пара и др.)
USGS (https://www.usgs.gov/)	Данные со спутников Landsat
LANCE (https://lance.modaps.eosdis.nasa.gov/)	Данные со спутников Terra и Aqua
ESA (https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/home)	Данные со спутников Sentinel-1, Sentinel-2
НЦ ОМЗ (http://www.ntsomz.ru/)	Данные со спутников «Канопус-В», «Канопус-В-ИК», «Ресурс-П»
Геопортал «Роскосмоса» (http://gptl.ru/)	Данные со спутников «Канопус-В», «Канопус-В-ИК», «Ресурс-П»
NCAR (https://ncar.ucar.edu/)	Метеоданные (реанализ)
UMD (http://www.umd.edu/)	Тепловые аномалии, детектируемые по данным MODIS

В блоке ДЗЗ ЕФИС ЗСН используются данные различных российских и зарубежных спутниковых систем дистанционного зондирования Земли. В *табл. 3* приведены основные характеристики имеющихся в «Аналитике ДЗЗ ЕФИС ЗСН» спутниковых данных, получаемых с находящихся в настоящее время в эксплуатации космических аппаратов, которые могут быть использованы для решения задач мониторинга сельскохозяйственных земель и посевов.

На основе спутниковых данных формируются различные виды информационных продуктов, включая цветные синтезированные изображения, составленные из снимков, полученных в разных спектральных каналах или в разные сроки, вегетационные индексы, мозаики, в том числе очищенные от облачности.

Важно отметить, что в системе имеются не только оперативные данные, необходимые, например, для своевременного диагностирования состояния посевов сельскохозяйственных культур, но и архивная информация с глубиной временного охвата более 15 лет, которая может использоваться для ретроспективного анализа, например определения времени выбытия сельскохозяйственных угодий из оборота, или для формирования так называемых «норм» развития посевов.

Возможности использования блока данных ДЗЗ ЕФИС ЗСН для мониторинга сельскохозяйственных земель

В блоке ДЗЗ ЕФИС ЗСН реализован широкий набор различных инструментов, способствующих проведению мониторинга земель сельскохозяйственного назначения. Часть из них уже была реализована ранее в системах дистанционного мониторинга растительности, например Вега-Pro и Вега-Science (Лупян и др., 2011; Уваров и др., 2012). Некоторые возможности спутникового мониторинга сельскохозяйственных земель появились впервые именно в «Аналитике ДЗЗ ЕФИС ЗСН», что обусловлено во многом появлением обширной базы данных о контурах сельскохозяйственных угодий Российской Федерации и выращиваемых в последние годы в их пределах сельскохозяйственных культурах. Ниже кратко рассмотрены эти новые возможности.

Таблица 3. Основные виды спутниковых данных в блоке ДЗЗ ЕФИС ЗСН

Спектральный диапазон	Пространственное разрешение, м	Прибор (спутник или группировки спутников)	Периодичность наблюдения	Районы наблюдения	Основные возможные направления использования
Видимый, ближний ИК, коротковолновый ИК (0,45–2,3 мкм)	250	MODIS (Terra, Aqua)	Ежедневно	Все земли сельскохозяйственного назначения Российской Федерации	<ul style="list-style-type: none"> Распознавание посевов сельскохозяйственных культур; оценка состояния посевов; выявление неиспользуемых сельскохозяйственных угодий
	10–30	ETM+ (Landsat-7) OLI (Landsat-8) MSI (Sentinel-2)	Еженедельно	Выборочно в соответствии с ежегодной заявкой Минсельхоза России на съёмку	<ul style="list-style-type: none"> Выявление/уточнение границ сельскохозяйственных угодий и посевов сельскохозяйственных культур, расчёт их площадей; распознавание посевов сельскохозяйственных культур; оценка состояния посевов; выявление неиспользуемых сельскохозяйственных угодий; выявление зарастания сельскохозяйственных угодий древесно-кустарниковой растительностью; выявление неоднородностей в пределах сельскохозяйственных угодий; выявление нецелевого использования земель сельскохозяйственного назначения
	<3	МСС («Канопус-В», «Канопус-В-ИК») ПСС («Канопус-В» «Канопус-В-ИК») «Геотон» (Ресурс-П)	Несколько раз в год		
Тепловой ИК (10,4–12,5 мкм)	60–100	ETM+ (Landsat-7) TIRS (Landsat-8)	Еженедельно	Все земли сельскохозяйственного назначения Российской Федерации	<ul style="list-style-type: none"> Мониторинг ЧС (пожары) на землях сельскохозяйственного назначения
Радиоволновый (5–6 см)	10	C-SAR (Sentinel-1)	Еженедельно	Южный и Северный Кавказский федеральный округ (ФО) — все земли сельскохозяйственного назначения, остальные ФО — фрагментарно	<ul style="list-style-type: none"> Мониторинг ЧС (загопления) на землях сельскохозяйственного назначения; распознавание посевов сельскохозяйственных культур; выявление неиспользуемых сельскохозяйственных угодий; выявление зарастания сельскохозяйственных угодий древесно-кустарниковой растительностью

Оценка используемости сельскохозяйственных угодий

Выявление неиспользуемых земель — одна из ключевых задач, стоящих перед блоком ДЗЗ ЕФИС ЗСН. Владение сведениями об используемости земель сельскохозяйственного назначения позволяет сформировать представление о разнице между реальными и потенциальными возможностями территории к производству сельскохозяйственной продукции. Методы ДЗЗ являются одним из основных инструментов, обеспечивающих возможность решения задачи выявления неиспользуемых сельскохозяйственных угодий в масштабах страны. Многолетние ряды спутниковых наблюдений, доступных в «Аналитике ДЗЗ ЕФИС ЗСН», позволяют выявить конкретный год, в который были приостановлены работы на сельскохозяйственных угодьях. В совокупности с дополнительной информацией о состоянии этих угодий получаемые на основе спутниковых данных сведения могут быть использованы для принятия решений о вовлечении неиспользуемых земель в оборот.

Оценка используемости земель сельскохозяйственного назначения включает в себя два этапа: автоматическую (первичную) и экспертную (вторичную) оценку.

Этап автоматической оценки основан на классификации с обучением спутниковых данных среднего и высокого пространственного разрешения, в результате которого объектам оценки присваивается один из следующих классов: используемый, частично используемый и неиспользуемый (рис. 1). При этом автоматическая оценка сопровождается значением достоверности её определения.

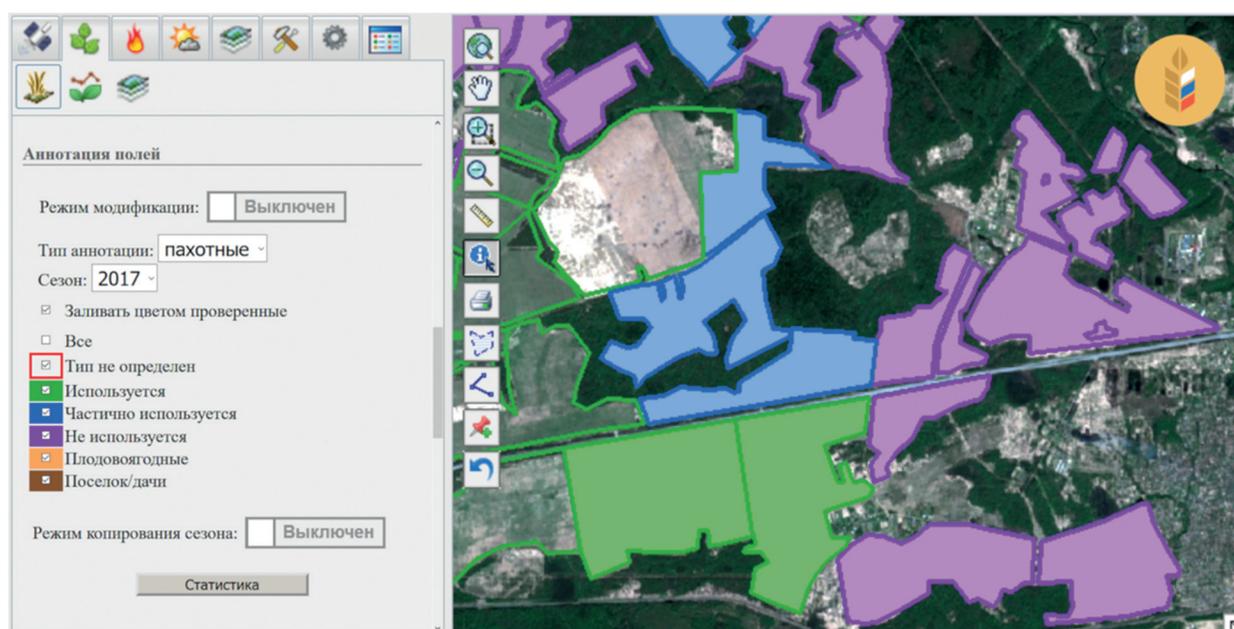


Рис. 1. Пример оценки используемости земель в блоке «Аналитик ДЗЗ ЕФИС ЗСН», Смоленская область, 2017 г.

В случае низкого значения достоверности автоматической оценки средствами картографического веб-интерфейса блока «Аналитик ДЗЗ ЕФИС ЗСН» проводится экспертная оценка. Используя временные серии изображений высокого и сверхвысокого пространственного разрешения, многолетние ряды вегетационных индексов, а также карты сельскохозяйственных угодий, сформированные по данным среднего пространственного разрешения, эксперт уточняет статус полей, которые были определены с низкой достоверностью распознавания при автоматической оценке.

Верификация и коррекция сведений о сельскохозяйственных культурах, предоставляемых в ЕФИС ЗСН РОУ АПК

Полные и достоверные данные о выращиваемых культурах и их площадях являются базовой информацией, необходимой в планировании севооборота и формировании экономических стратегий как для органов управления АПК, так и для предпринимателей в сфере сельского хозяйства. Как уже отмечалось выше, одним из основных источников сведений о выращиваемых сельскохозяйственных культурах, предоставляемых в ЕФИС ЗСН, являются РОУ АПК, которые, в свою очередь, получают сведения от муниципальных органов управления АПК и сельхозтоваропроизводителей. Однако в ходе выборочных проверок, в том числе наземных, выявлено, что предоставляемая в Систему информация не всегда характеризуется достоверностью.

Специализированный блок верификации данных, реализованный в «Аналитике ДЗЗ ЕФИС ЗСН», обеспечивает возможность проверки информации о выращиваемых сельскохозяйственных культурах с использованием результатов обработки данных ДЗЗ. В силу значительного объема поступающих данных предусмотрено два вида их проверки: автоматическая (первый уровень верификации) и экспертная (второй уровень).

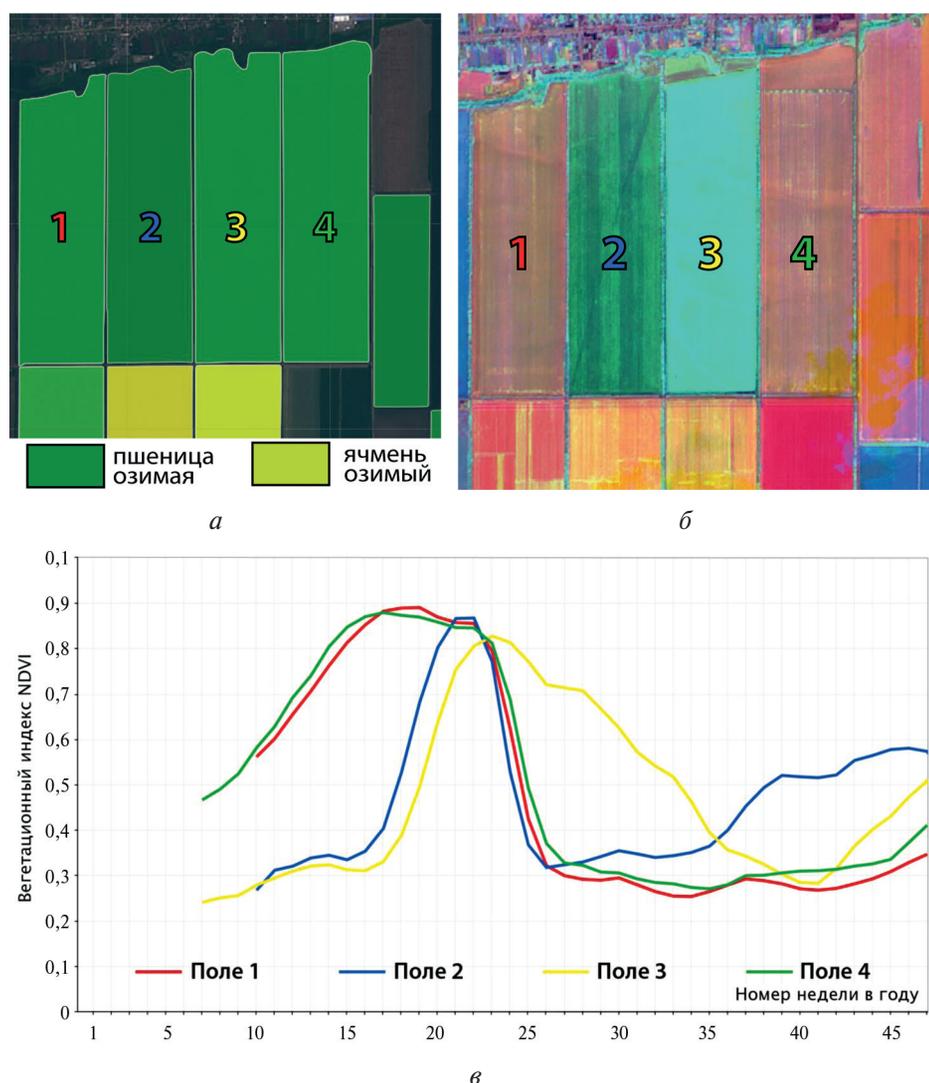


Рис. 2. Пример используемых для верификации сведений: а — предоставленная РОУ АПК информация о выращиваемых культурах (Краснодарский край, Тбилисский район, 2018 г.); б — многовременное синтезированное изображение Sentinel-2/MSI, канал 8 (R — 28.04.2018, G — 22.06.2018, B — 22.07.2018); в — график сезонного изменения значений NDVI для полей 1–4

Для проведения автоматической проверки используется следующий набор данных:

- границы полей с атрибутивными данными (год сева, вид угодий, выращиваемая культура);
- еженедельные автоматически рассчитываемые значения вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) и отклонений NDVI от средних значений по району верификации.

На основе этих данных формируется база эталонов сезонных изменений индекса NDVI различных культур для заданного района и года (Хвостиков, Барталёв, 2018).

Автоматическая проверка основана на применении к каждому исследуемому полю набора статистических формальных критериев, позволяющих определить поля, которые не соответствуют эталонам и которые наиболее вероятно были недостоверно введены пользователями. В результате её выполнения формируется набор полей, которые прошли верификацию и признаны введёнными достоверно, а также набор полей, требующих экспертной проверки вследствие недостаточности данных для построения эталона или внутренней неоднородности поля.

На втором, экспертном, уровне объекты с низкой достоверностью автоматической оценки проходят интерактивную проверку с использованием широкого набора спутниковых данных и производных из них продуктов, а также специальной методики экспертной верификации. С применением спутниковых данных и информационных продуктов на их основе, например многовременных композитов, многолетних «норм» временного развития (временных портретов) сельскохозяйственных культур, возможно проведение коррекции недостоверных сведений о выращиваемых культурах (*рис. 2*, см. с. 176).

Так, внешний вид графиков сезонных изменений NDVI для полей, занятых озимой пшеницей (согласно сведениям, предоставленным в ЕФИС ЗСН РОУ АПК) (см. *рис. 2*), говорит о том, что часть этих сведений, вероятно, не соответствует действительности. Внешний вид кривых для полей № 1 и 4 соответствует эталону озимой пшеницы для выбранного административного района, в то время как кривые для полей № 2 и 3 — различным яровым культурам.

Мониторинг состояния посевов на основе информации о выращиваемых культурах, загружаемой в ЕФИС ЗСН РОУ АПК

Регулярный оперативный мониторинг состояния посевов необходим для своевременного определения тенденций развития культур в течение сезона. Это в значительной степени облегчает принятие решений о проведении мероприятий на возделываемых полях (выполнение дополнительных полевых обследований, подсев зерна, уборка урожая и др.), а также позволяет получить заблаговременную оценку возможных сценариев развития посевов.

Инструменты дистанционного мониторинга состояния посевов на основе информации о выращиваемых культурах, предоставляемой в ЕФИС ЗСН РОУ АПК, обеспечивают еженедельный мониторинг развития посевов на территории муниципальных районов, для которых имеется статистически репрезентативная выборка полей по заданной сельскохозяйственной культуре для рассматриваемого года. Дистанционная оценка состояния посевов основана на сравнении текущего состояния растительности с заданным эталоном («нормой», под которой подразумевается усреднённое многолетнее состояние растительности, характерное для заданной территории и вида растительности, из которого исключены аномальные отклонения) сезонных изменений индекса NDVI той или иной культуры (или с её состоянием в отдельный выбранный год), выявлении как негативных, так и позитивных отклонений в развитии сельскохозяйственных культур (Толпин и др., 2014). Пример возможности такого выявления приведён на *рис. 3* (см. с. 178).

На этом рисунке представлены кривые сезонных изменений значений индекса NDVI, рассчитанных для 2017, 2018 и 2019 гг., с их помощью можно проследить связь между изменением значений NDVI и состоянием посевов.

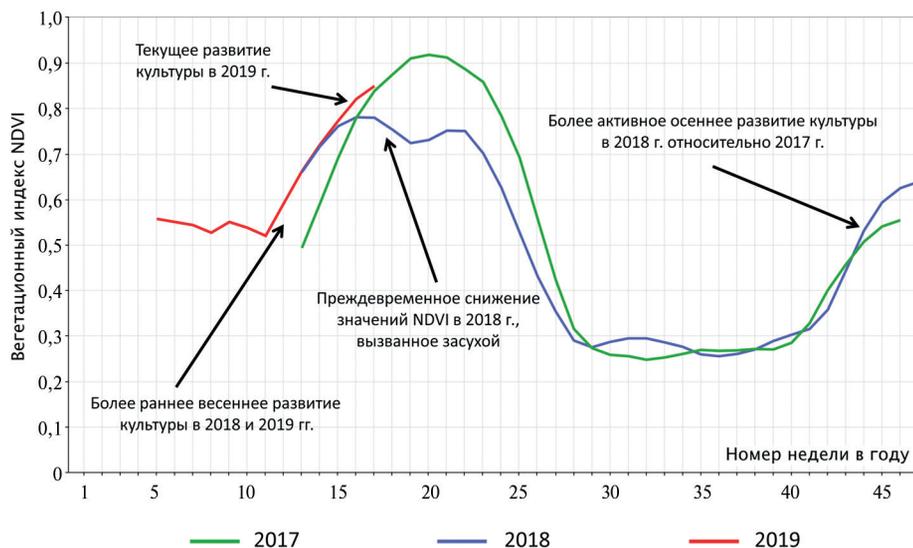


Рис. 3. Сезонные изменения значений индекса NDVI посевов пшеницы озимой, Ставропольский край, Шпаковский район

Например, начало сезона 2018 г. характеризовалось ранним развитием пшеницы озимой. При этом в мае – июне наблюдалась продолжительная засуха, получившая отражение в уменьшении значений индекса NDVI и ставшая впоследствии причиной снижения урожайности. В осенний период 2018 г. посевы пшеницы озимой получили более активное развитие относительно показателей 2017 г., что может указывать на наступление более поздних стадий фенологического развития. Развитие пшеницы озимой весной 2019 г. на несколько недель опережает ход развития этой культуры в 2017 г. и близко к её развитию в 2018 г., при этом уже сейчас можно сказать, что её рост проходит более стабильно, чем весной предыдущего года, ввиду более благоприятных погодных условий.

Формирование информационных бюллетеней о состоянии посевов сельскохозяйственных культур

Большая часть возможностей, реализованных в блоке ДЗЗ ЕФИС ЗСН, предназначена для работы специалистов, обладающих опытом обработки, дешифрирования и анализа космических снимков. В то же время следует отметить, что в получении результатов обработки этих данных для принятия различных управленческих решений заинтересованы основные пользователи ЕФИС ЗСН, т. е. органы управления АПК и сельхозтоваропроизводители. При этом пользователи системы во многих случаях рассчитывают на получение интегрированной, легко воспринимаемой информации. Это обусловило необходимость создания универсальных, регулярно формируемых в автоматическом режиме отчётов, наглядно демонстрирующих оперативную информацию о состоянии сельскохозяйственной растительности.

Возможность формирования таких отчётов, названных «Информационный бюллетень: мониторинг состояния сельскохозяйственных посевов», реализована в «Аналитике ДЗЗ ЕФИС ЗСН». Выпуск бюллетеней осуществляется на еженедельной основе, что обусловлено периодичностью актуализации безоблачных мозаик вегетационного индекса NDVI, сформированных по данным съёмочной системы MODIS. Бюллетени формируются для нескольких масштабных уровней: 1) Российская Федерация в целом; 2) федеральный округ; 3) субъект; 4) муниципальный район. Для всех перечисленных уровней бюллетени содержат визуализированную в виде карт и графиков информацию:

- о состоянии сельскохозяйственных посевов, полученную на основе индекса NDVI;
- об отклонениях в развитии посевов сельскохозяйственных культур от «нормальной» среднееголетней динамики, также определяемых по индексу NDVI;

- о существенных для развития сельскохозяйственных культур метеопараметрах (накопленные температура и осадки, влажность почвы) и их отклонении от среднесезонных значений.

Эта информация может быть использована для качественной оценки условий формирования урожая, для выявления районов гибели посевов вследствие чрезвычайных ситуаций, например засухи или переувлажнения.

Заключение

Таким образом, блок работы с данными ДЗЗ ЕФИС ЗСН обладает широкими возможностями для осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, предоставляя пользователям актуальную, регулярно обновляемую информацию, прежде всего спутниковую, инструменты её обработки и анализа. В «Аналитик ДЗЗ ЕФИС ЗСН» внедрены не только функции, широко используемые на протяжении многих лет в системах дистанционного мониторинга сельскохозяйственных земель, но и принципиально новые возможности, в частности автоматизированного выявления неиспользуемых сельскохозяйственных угодий, проверки информации о выращиваемых культурах, предоставляемой региональными органами управления АПК, оценки состояния отдельных культур, а не только таких крупных их групп, как озимые и яровые. Реализация двух последних направлений стала возможной благодаря организованной в ЕФИС ЗСН процедуре сбора опорной информации о выращиваемых в пределах контуров сельскохозяйственных угодий культурах.

В заключение отметим основные направления дальнейшего развития блока дистанционного зондирования ЕФИС ЗСН:

- масштабирование разработанных технологических решений на территорию всех земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации;
- разработка и внедрение новых методик обработки данных ДЗЗ, позволяющих получить более полную картину о земельных ресурсах сельскохозяйственного назначения, в частности оценки зарастания сельскохозяйственных угодий древесно-кустарниковой растительностью, массового картографирования посевов основных сельскохозяйственных культур, прогнозирования их урожая;
- повышение уровня автоматизации при решении задач спутникового мониторинга сельскохозяйственных земель и посевов сельскохозяйственных культур, что крайне необходимо с учётом их большой площади и относительно коротким жизненным циклом сельскохозяйственной растительности.

Литература

1. Буланов К. А., Денисов П. В., Косогор С. Н., Вандышева Н. М., Бабак В. А., Трошко К. А., Мартыанов А. С., Серёда И. И., Лупян Е. А., Толпин В. А., Бурцев М. А. Модуль работы с данными дистанционного зондирования Земли в Единой федеральной информационной системе о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН) // 16-я Всерос. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: сб. тез. Москва, 12–16 нояб. 2018. М.: ИКИ РАН, 2018. С. 3.
2. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2017 году. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 328 с.
3. Егоров В. А., Ильин В. О., Лупян Е. А., Мазуров А. А., Флитман Е. В. Возможности построения автоматизированных систем обработки спутниковых данных на основе программного комплекса XV_SAT // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2004. № 1. С. 431–436.
4. Кашницкий А. В., Балашов И. В., Лупян Е. А., Толпин В. А., Уваров И. А. Создание инструментов для удаленной обработки спутниковых данных в современных информационных системах // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 1. С. 156–170.

5. Козубенко И. С. Почвенная информация в Аналитическом центре Минсельхоза России // Бюл. Почвенного ин-та им. В. В. Докучаева. 2018. Вып. 92. С. 3–15.
6. Козубенко И. С., Бегляров Р. Р., Вандышева Н. М., Бабак В. А., Денисов П. В., Трошко К. А. Использование материалов дистанционного зондирования Земли в Единой федеральной информационной системе о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН) // Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве: материалы 2-й Всерос. науч. конф. с международным участием. Санкт-Петербург, 26–28 сент. 2018. СПб.: ФГБНУ АФИ, 2018. С. 19–25.
7. Лупян Е. А., Савин И. Ю., Барталев С. А., Толпин В. А., Балашов И. В., Плотников Д. Е. Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности («ВЕГА») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 1. С. 190–198.
8. Лупян Е. А., Балашов И. В., Бурцев М. А., Ефремов В. Ю., Кашицкий А. В., Кобец Д. А., Крашенинникова Ю. С., Мазуров А. А., Назиров Р. Р., Прошин А. А., Сычугов И. Г., Толпин В. А., Уваров И. А., Флитман Е. В. (2015а) Создание технологий построения информационных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 53–75.
9. Лупян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А., Балашов И. В., Барталев С. А., Ефремов В. Ю., Кашицкий А. В., Мазуров А. А., Матвеев А. М., Суднева О. А., Сычугов И. Г., Толпин В. А., Уваров И. А. (2015б) Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 247–267.
10. Лупян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А., Кашицкий А. В., Балашов И. В., Барталев С. А., Константинова А. М., Кобец Д. А., Мазуров А. А., Марченков В. В., Матвеев А. М., Радченко М. В., Сычугов И. Г., Толпин В. А., Уваров И. А. Опыт эксплуатации и развития центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 151–170.
11. Прошин А. А., Лупян Е. А., Балашов И. В., Кашицкий А. В., Бурцев М. А. Создание унифицированной системы ведения архивов спутниковых данных, предназначенной для построения современных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 3. С. 9–27.
12. Сычугов И. Г., Балашов И. В., Прошин А. А. Система автоматического формирования форм отчетности в ИСДМ-Рослесхоз // 13-я Всерос. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: сб. тез. Москва, 16–20 нояб. 2015. М.: ИКИ РАН, 2015. С. 135.
13. Толпин В. А., Балашов И. В., Ефремов В. Ю., Лупян Е. А., Прошин А. А., Уваров И. А., Флитман Е. В. Создание интерфейсов для работы с данными современных систем дистанционного мониторинга (система GEOSMIS) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 3. С. 93–108.
14. Толпин В. А., Лупян Е. А., Барталев С. А., Плотников Д. Е., Матвеев А. М. Возможности анализа состояния сельскохозяйственной растительности с использованием спутникового сервиса «ВЕГА» // Оптика атмосферы и океана. 2014. Т. 27. № 7(306). С. 581–586.
15. Уваров И. А., Ершов Д. В., Крылов А. М., Барталев С. А., Лупян Е. А. Информационная система космического мониторинга санитарного состояния лесов ВЕГА-лесопатолог // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 5. С. 171–182.
16. Хвостиков С. А., Барталёв С. А. Метод построения эталонов сезонной динамики вегетационного индекса NDVI для однолетних сельскохозяйственных культур территории России // 16-я Всерос. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: сб. тез. Москва, 12–16 нояб. 2018. М.: ИКИ РАН, 2018. С. 446.

Remote sensing unit of Integrated Federal Information System on Agricultural Lands

K. A. Bulanov¹, P. V. Denisov², E. A. Loupian³, A. S. Martyanov², I. I. Sereda²,
K. A. Troshko², V. A. Tolpin³, S. A. Bartalev³, S. A. Khvostikov³

¹ Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Moscow 107139, Russia
E-mail: k.bulanov@mcx.ru

² Analytical Center of the Ministry of Agriculture of Russia
Moscow 115035, Russia

E-mail: p.denisov@mcxac.ru

³ Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia
E-mail: evgeny@d902.iki.rssi.ru

The Integrated Federal Information System on Agricultural Lands (IFIS AL) of the Ministry of Agriculture of Russia was put into operation in April 2018. One of the parts of this system is a remote sensing (RS) unit, based on VEGA service of vegetation satellite monitoring. The paper describes the technologies used to create the IFIS AL RS unit. It presents the main features of the system that are focused on solving problems of state monitoring of agricultural lands: assessment of agricultural land use; verification of information on cultivated crops that come in the system from the regional authorities of the agro-industrial complex; monitoring the crop condition at the level of separate fields, municipal districts and subjects of the Russian Federation. It outlines the prospects for the development of the RS unit, aimed at solving new problems of agricultural lands and crops monitoring.

Keywords: agriculture, agricultural lands state monitoring, information system, IFIS AL, remote sensing, satellite monitoring

Accepted: 21.05.2019

DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-171-182

References

1. Bulanov K. A., Denisov P. V., Kosogor S. N., Vandysheva N. M., Babak V. A., Troshko K. A., Martyanov A. S., Sereda I. I., Loupian E. A., Tolpin V. A., Burtsev M. A., Modul' raboty s dannymi distantsionnogo zondirovaniya Zemli v Edinoi federal'noi informatsionnoi sisteme o zemlyakh sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya (EFIS ZSN) (Module of Remote Sensing of The Integrated Federal Information System on Agricultural Lands (IFIS AL)), 16-ya Vserossiiskaya otkrytaya konferentsiya "Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa" (16th All-Russia Open Conf. "Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space"), Book of abstracts, Moscow, 12–16 Nov. 2018, Moscow: IKI RAN, 2018, p. 3.
2. *Doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya Rossiiskoi Federatsii v 2017 godu* (Report on the state and use of agricultural lands of the Russian Federation in 2017), Moscow: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2019, 328 p.
3. Egorov V. A., Il'in V. O., Loupian E. A., Mazurov A. A., Flitman E. V., Vozmozhnosti postroeniya avtomatizirovannykh sistem obrabotki sputnikovykh dannykh na osnove programmnoogo kompleksa XV_SAT (Possibilities of Developing Automated Satellite Data Processing Systems on the Basis of XV_SAT Software Package), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2004, No. 1, pp. 431–436.
4. Kashnitskiy A. V., Balashov I. V., Loupian E. A., Tolpin V. A., Uvarov I. A., Sozdanie instrumentov dlya udalenoj obrabotki sputnikovykh dannykh v sovremennykh informatsionnykh sistemakh (Development of software tools for satellite data remote processing in contemporary information systems), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 1, pp. 156–170.
5. Kozubenko I. S., Pochvennaya informatsiya v Analiticheskom tsentre Minsel'khoza Rossii (Soil information in the Analytical center of the Ministry of Agriculture of Russia), *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2018, Vol. 92, pp. 3–15.
6. Kozubenko I. S., Beglyarov R. R., Vandysheva N. M., Babak V. A., Denisov P. V., Troshko K. A., Ispol'zovanie materialov distantsionnogo zondirovaniya Zemli v Edinoi federal'noi informatsionnoi sisteme

- o zemlyakh sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya (The use of remote sensing data in the Integrated Federal Information System on Agricultural Lands (IFIS AL)), *Primenenie sredstv distantsionnogo zondirovaniya Zemli v sel'skom khozyaistve* (Application of Earth Remote Sensing Tools in Agriculture), Proc. 2nd All-Russia Scientific Conf., Saint Petersburg, 26–28 Sept. 2018, Saint Petersburg: FGBNU AFI, 2018, pp. 19–25.
7. Loupian E. A., Savin I. Yu., Bartalev S. A., Tolpin V. A., Balashov I. V., Plotnikov D. E., Sputnikovyi servis monitoringa sostoyaniya rastitel'nosti "VEGA" (Satellite service for vegetation monitoring VEGA), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 1, pp. 190–198.
 8. Loupian E. A., Balashov I. V., Burtsev M. A., Efremov V. Yu., Kashnitskiy A. V., Kobets D. A., Krasheninnikova Yu. S., Mazurov A. A., Nazirov R. R., Proshin A. A., Sychugov I. G., Tolpin V. A., Uvarov I. A., Flitman E. V. (2015a), Sozdanie tekhnologii postroeniya informatsionnykh sistem distantsionnogo monitoringa (Development of information systems design technologies), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 5, pp. 53–75.
 9. Loupian E. A., Proshin A. A., Burtsev M. A., Balashov I. V., Bartalev S. A., Efremov V. Yu., Kashnitskiy A. V., Mazurov A. A., Matveev A. M., Sudneva O. A., Sychugov I. G., Tolpin V. A., Uvarov I. A. (2015b), Tsentr kollektivnogo pol'zovaniya sistemami arkhivatsii, obrabotki i analiza sputnikovykh dannykh IKI RAN dlya resheniya zadach izucheniya i monitoringa okruzhayushchei sredy (IKI center for collective use of satellite data archiving, processing and analysis systems aimed at solving the problems of environmental study and monitoring), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 5, pp. 247–267.
 10. Loupian E. A., Proshin A. A., Burtsev M. A., Kashnitskiy A. V., Balashov I. V., Bartalev S. A., Konstantinova A. M., Kobets D. A., Mazurov A. A., Marchenkov V. V., Matveev A. M., Radchenko M. V., Sychugov I. G., Tolpin V. A., Uvarov I. A., Opyt ekspluatatsii i razvitiya tsentra kollektivnogo pol'zovaniya sistemami arkhivatsii, obrabotki i analiza sputnikovykh dannykh (TsKP "IKI-monitoring") (Experience of development and operation of the IKI-Monitoring center for collective use of systems for archiving, processing and analyzing satellite data), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 3, pp. 151–170.
 11. Proshin A. A., Loupian E. A., Balashov I. V., Kashnitskiy A. V., Burtsev M. A., Sozdanie unifikirovannoi sistemy vedeniya arkhivov sputnikovykh dannykh, prednaznachenoj dlya postroeniya sovremennykh sistem distantsionnogo monitoringa (Unified satellite data archive management platform for remote monitoring systems development), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2016, Vol. 13, No. 3, pp. 9–27.
 12. Sychugov I. G., Balashov I. V., Proshin A. A., Sistema avtomaticheskogo formirovaniya form otchetnosti v ISDM-Rosleskhoz (ISMD Rosleskhoz automatic report form creation system), *13-ya Vserossiiskaya otkrytaya konferentsiya "Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa"* (13th All-Russia Open Conf. "Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space"), Book of abstracts, Moscow, 16–20 Nov. 2015, Moscow: IKI RAN, 2015, p. 135.
 13. Tolpin V. A., Balashov I. V., Efremov V. Yu., Proshin A. A., Uvarov I. A., Flitman E. V., Sozdanie interfeisov dlya raboty s dannymi sovremennykh sistem distantsionnogo monitoringa (sistema GEOSMIS) (The GEOSMIS System: Developing Interfaces to Operate Data in Modern Remote Monitoring Systems), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 3, pp. 93–108.
 14. Tolpin V. A., Loupian E. A., Bartalev S. A., Plotnikov D. E., Matveev A. M., Vozmozhnosti analiza sostoyaniya sel'skokhozyaistvennoi rastitel'nosti s ispol'zovaniem sputnikovogo servisa "VEGA" (Possibilities of agricultural vegetation condition analysis with the "VEGA" satellite service), *Optika atmosfery i okeana*, 2014, Vol. 27, No. 7(306), pp. 581–586.
 15. Uvarov I. A., Ershov D. V., Krylov A. M., Bartalev S. A., Loupian E. A., Informatsionnaya sistema kosmicheskogo monitoringa sanitarnogo sostoyaniya lesov VEGA-lesopatolog (Information system of satellite monitoring of forest health condition VEGA-Lesopatolog), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 5, pp. 171–182.
 16. Khvostikov S. A., Bartalev S. A., Metod postroeniya etalonov sezonnoi dinamiki vegetatsionnogo indeksa NDVI dlya odnoletnikh sel'skokhozyajstvennykh kul'tur territorii Rossii (The method of creation of etalons of the seasonal dynamics of the NDVI vegetation index for annual crops on the territory of Russia), *16-ya Vserossiiskaya otkrytaya konferentsiya "Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa"* (16th All-Russia Open Conf. "Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space"), Book of abstracts, Moscow, 12–16 Nov. 2018, Moscow: IKI RAN, 2018, p. 446.