Дистанционная оценка озимых культур урожая 2017 года в Российской Федерации

С.А. Барталев, Е.С. Елкина, Е.А. Лупян, Д.Е. Плотников, В.А. Толпин

Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия

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

В сообщении представлены результаты анализа развития озимых культур в сезоне 2017 года, выполненные с помощью сервиса спутникового мониторинга растительного покрова ВЕГА. Возможность проведения подобного анализа обеспечивают карты озимых культур, создаваемые по данным MODIS на всю территорию страны и последовательно уточняемые по мере развития посевов. Данные карты позволяют получать заблаговременные оценки площади и состояния культур. Оценка состояния озимых культур выполняется на уровне административных районов и базируется на анализе отклонений текущих значений временного ряда нормализованного разностного вегетационного индекса NDVI (normalized difference vegetation index) от своей статистической нормы, определяемой среднееголетней величиной данного показателя. В 2017 году наблюдается заметное превышение значения сезонного максимума NDVI своих среднееголетних величин, что говорит о высокой продуктивности озимых культур. Приводится оценка озимых культур урожая 2017 года в их развитии, показана неравномерность развития посевов по федеральным округам в весенний период, когда некоторые южные районы европейской части РФ опережали среднееголетний темп развития озимых, в то время как в других регионах наблюдалось отставание вследствие пониженных температур воздуха и избыточного количества осадков. При этом показано, что указанная задержка практически не оказала негативного влияния на состояние озимых культур, дистанционные показатели продуктивности которых могут свидетельствовать, что развитие посевов в 2017 году сопоставимо с уровнем 2016 года, характеризующего рекордной урожайностью, а в ряде регионов даже заметно его превышает.

Ключевые слова: спутниковый мониторинг озимых культур, дистанционное зондирование, оценка урожайности, оценка состояния посевов, NDVI, MODIS

Одобрена к печати: 31.08.2017

DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-4-275-280

В весенний период 2017 года по данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) было отмечено аномально раннее развитие озимых культур в южных регионах европейской части России, что послужило индикатором их высокой потенциальной продуктивности и дало основания для ожиданий высокого урожая (Лупян и др., 2017). Полученные к моменту уборки озимых культур результаты анализа данных спутникового мониторинга индикаторов продуктивности посевов за весь период их развития, проведенного с использованием сервиса ВЕГА (pro-vega.ru) (Лупян и др., 2011; Толпин и др., 2014), позволили получить наиболее актуальную независимую информацию об их состоянии, предвзятое появление официальной статистики об урожае.

Для проведения анализа использовались следующие, полученные на основе данных инструмента MODIS, информационные продукты:

- актуальная карта пахотных земель Российской Федерации (Барталев и др., 2011);
- карты посевов озимых культур в весенне-летний период (Плотников, Барталев, Хвостиков, 2013);
- агрегированные на уровне административных районов временные ряды значений нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) озимых культур в 2017 г.;
- агрегированные на уровне административных районов временные ряды среднееголетних (2001–2016) значений NDVI озимых культур.

Геопространственная информация о расположении озимых культур урожая 2017 года получалась многократно по ходу их развития с момента сева вплоть до уборки, а именно в следующие даты: 11.10.2016, 03.11.2016, 05.12.2016, 07.04.2017, 12.05.2017 и 07.07.2017. Источник информации — цифровые карты посевов озимых культур, оперативно формируемые по данным MODIS (Плотников, Барталев, Лупян, 2008; Плотников, Барталев, Хвостиков, 2013).

Представленная на *рис. 1А* карта отражает расположение озимых культур по состоянию на 7 июля 2017 года, т.е. к моменту достижения посевами максимального развития (зрелости) практически на всем ареале своего распространения. Именно эта карта использована в качестве наиболее точной маски для расчета показателей состояния посевов в текущем году. Основные дистанционные показатели состояния озимых, используемые для проведения анализа, — это агрегированные на уровне районов значения NDVI озимых культур и их отклонения от своей статистической нормы (за норму принята среднепогодная величина данного показателя). Полученная карта озимых культур позволяет также с известной точностью оценить площади их посевов на уровне субъектов РФ (*рис. 1Б*). Наши исследования (Плотников и др., 2017) показывают, что точность выделения озимых культур по данным MODIS варьируется в диапазоне значений 70–98% в зависимости от региона и года (сезона), а получаемые площади их посевов имеют высокий коэффициент корреляции ($R^2=0,97$) с многолетними данными официальной статистики в разрезе субъектов РФ.

Рис. 1. А – карта расположения посевов (выделены зеленым цветом) озимых культур по состоянию на 07.07.2017; Б – карта распределения площади озимых (га) по субъектам РФ в 2017 году

Актуальные данные ДЗЗ о расположении озимых к моменту их уборки позволяют, наряду с уточнением площадей, получить значение сезонного максимума NDVI. Данная

величина, как известно (Ерошенко, Чередниченко, 2013; Ерошенко и др., 2016), имеет достаточно высокую корреляцию с урожайностью озимой пшеницы. При этом использование отклонений значений максимума NDVI озимых текущего сезона от его среднееголетней величины позволяет минимизировать влияние межгодовых фенологических сдвигов развития посевов, а их агрегация по административным районам компенсирует влияние различий условий выращивания культур на отдельных полях. Представленная на *рис. 2* картограмма показывает наличие положительных отклонений сезонного максимума NDVI озимых культур в подавляющем числе регионов в 2017 году от их среднееголетней величины (в частности, в Самарской, Саратовской и Волгоградской областях это отклонение превысило 25%) или его близость к статистической норме. В целом эти данные свидетельствуют о высокой биологической продуктивности озимых культур к моменту их уборки.

Рис. 2. Отклонение агрегированных по административным районам значений сезонного максимума NDVI озимых культур в 2017 году от их среднееголетней величины

Рассматривая динамику развития озимых в 2017 году в наиболее значимых регионах их выращивания, можно отметить территориальную неравномерность обеспеченности посевов теплом и влагой в весенний период. В Центральном, Северо-Кавказском и Приволжском федеральных округах удерживалась преимущественно прохладная погода со значительно превышающим норму в ряде районов количеством осадков, что привело к задержкам созревания озимых культур.

Приведенные на *рис. 3* в качестве примеров графики динамики NDVI отдельных районов наглядно демонстрируют, что на момент возобновления весенней вегетации быстрое развитие озимых наблюдалось, в частности, в Волгоградской области. В то же время в Ставропольском крае наблюдалась задержка возобновления роста культур до середины марта, которая в дальнейшем была полностью компенсирована быстрым развитием озимых: к концу апреля значения индекса достигли своей статистической нормы, а по мере созревания заметно превысили ее и даже превысили значения 2016 года.

Рис. 3. Примеры различной динамики NDVI озимых культур в Волгоградской области и Ставропольском крае в 2017 году в сравнении со статистической нормой и 2016 годом

В целом можно отметить, что в 2017 году на территории России наблюдалась примерно двухнедельная задержка в развитии и созревании озимых (по сравнению со статистической нормой), за исключением ряда регионов Южного и Приволжского федеральных округов, вызванная, как правило, пониженными температурами воздуха и избыточным количеством осадков в начале сезона. Однако указанная задержка практически не оказала негативного влияния на состояние озимых культур. При этом дистанционные показатели продуктивности озимых культур могут свидетельствовать, что развитие посевов в 2017 году сопоставимо с уровнем 2016 года, характеризуемого рекордной урожайностью, а в ряде регионов даже заметно его превышает. Данные выводы в целом подтверждаются в настоящее время прогнозами, предоставляемыми разными компаниями и организациями.

Работа выполнялась с использованием инфраструктуры Центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды (Лупян и др., 2015) при финансовой поддержке Минобрнауки РФ, контракт 14.616.21.0063, уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI61615X0063.

Литература

1. 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.
2. 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., Сычуглов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А. 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. 263–284.
3. Лупян Е.А., Барталев С.А., Крашенинникова Ю.С., Плотников Д.Е., Толпин В.А. Наблюдение раннего развития озимых культур в южных регионах европейской части России весной 2017 года на основе данных дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 2. С. 268–272. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-2-268-272.
4. Барталев С.А., Егоров В.А., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Уваров И.А. Распознавание пахотных земель на основе многолетних спутниковых данных спектрорадиометра MODIS и локально-адаптивной классификации // Компьютерная оптика. 2011. Т. 35. № 1. С. 103–116.
5. 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. С. 581–586.
6. Ерошенко Ф.В., Барталев С.А., Сторчак И.Г., Плотников Д.Е. Возможности дистанционной оценки урожайности озимой пшеницы на основе вегетационного индекса фотосинтетического потенциала // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 4. С. 99–112. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-4-99-112.
7. Ерошенко Ф.В., Чередниченко И.Г. Регрессионные модели оценки урожайности озимой пшеницы в Ставропольском крае с использованием NDVI // Бюл. Ставропольского научно-исслед. ин-та сельского хозяйства. 2013. № 5. С. 58–64.
8. Плотников Д.Е., Барталев С.А., Хвостиков С.А. Метод итеративной экспансии обучающей выборки и его применение для распознавания озимых культур по спутниковым данным // 11-я всерос. открытая конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва, ИКИ РАН, 11–15 нояб. 2013: сб. тез. конф. 2013. С. 346.
9. Плотников Д.Е., Барталев С.А., Лупян Е.А. Метод детектирования летне-осенних всходов озимых культур по данным радиометра MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Вып. 5. Т. 2. С. 322–330.
10. Плотников Д.Е., Барталев С.А., Лупян Е.А., Толпин В.А. Оценка точности выявления посевов озимых культур в весенне-летний период вегетации по данным прибора MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 4. С. 132–145.

Remote sensing of 2017 winter crops in the Russian Federation

S.A. Bartalev, E.S. Elkina, E.A. Loupian, D.E. Plotnikov, V.A. Tolpin

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

The purpose of the article is to give an overview of winter crop conditions in Russia during the 2017 vegetation season. The season is characterized by relatively cold and rainy spring, which caused a winter crop development delay up to 3 weeks in most wheat-productive regions (except the south of the European part of Russia). Much attention is given to comparison of differences in winter crop development in different federal districts and to the analysis of its

vegetation dynamics throughout the season. The paper shows that the shift of the season was offset by the follow-up weather conditions and does not adversely impact the overall winter crop conditions in the country. The satellite-based monitoring system VEGA was used as a data source. VEGA automatically calculates NDVI (normalized difference vegetation index) values for winter crop fields (using a seasonally updated winter crop maps) and aggregates NDVI values on a regional level, which gives an opportunity to compare the current values with the multiyear statistical mean value. Crop condition and yield assessments in this work are based on NDVI derived indicators, such as NDVI deviation from the multiyear mean (for the chosen region and the type of crop) and the difference between NDVI maximum values for the current year and for the multiyear mean. The analysis shows, that this year's winter crops productivity indicators are much higher than multiyear mean and even higher in some regions than productivity indicators for year 2016, which was of record yield.

Keywords: winter crops, satellite-based monitoring, remote sensing, yield assessment, crop status assessment, Earth observations, NDVI, MODIS

Accepted: 31.08.2017

DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-4-275-280

References

1. Loupian E.A., Savin I.Ju., 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), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 1, pp. 190–198.
2. Loupian E.A., Proshin A.A., Burcev M.A., Balashov I.V., Bartalev S.A., Efremov V.Yu., Kashnickij A.V., Mazurov A.A., Matveev A.M., Sudneva O.A., Sychugov I.G., Tolpin V.A., Uvarov I.A., Tsentral'nyy kolektivnyy 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), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 5, pp. 263–284.
3. Loupian E.A., Bartalev S.A., Krashenninnikova Yu.S., Plotnikov D.E., Tolpin V.A., Nablyudenie rannego razvitiya ozimnykh kul'tur v yuzhnykh regionakh evropeiskoi chasti Rossii vesnoi 2017 goda na osnove dannykh distantsionnogo monitoringa (Observation of early development of winter crops in spring 2017 in southern regions of Russia based on remote sensing data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2017, Vol. 14, No. 2, pp. 268–272. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-2-268-272.
4. Bartalev S.A., Egorov V.A., Loupian E.A., Plotnikov D.E., Uvarov I.A., Raspoznavanie pakhotnykh zemel' na osnove mnogoletnykh sputnikovykh dannykh spektrometra MODIS i lokal'no-adaptivnoi klassifikatsii (Recognition of arable lands using multi-annual satellite data from spectroradiometer MODIS and locally adaptive supervised classification), *Komp'yuternaya optika*, Samara, ISOI RAN, 2011, Vol. 35, No. 1, pp. 103–116.
5. Tolpin V.A., Loupian E.A., Bartalev S.A., Plotnikov D.E., Matveev A.M., Vozmozhnosti analiza sostoyaniya sel'skokhozyaystvennoi 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.
6. Eroshenko F.V., Bartalev S.A., Storchak I.G., Plotnikov D.E., Vozmozhnosti distantsionnoi otsenki urozhainosti ozimoi pshenitsy na osnove vegetatsionnogo indeksa fotosinteticheskogo potentsiala (The possibility of winter wheat yield estimation based on vegetation index of photosynthetic potential derived from remote sensing data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2016, Vol. 13, No. 4, pp. 99–112. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-4-99-112.
7. Eroshenko F.V., Cherednichenko I.G., Regressionnyye modeli otsenki urozhainosti ozimoi pshenitsy v Stavropol'skom krae s ispol'zovaniem NDVI (Regression models for estimating the yield of winter wheat in the Stavropol region using NDVI), *Byulleten' Stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta sel'skogo khozyaistva*, 2013, No. 5, pp. 58–64.
8. Plotnikov D.E., Bartalev S.A., Hvostikov S.A., Metod iterativnoi ekspansii obuchayushchei vyborki i ego primeneniye dlya raspoznavaniya ozimnykh kul'tur po sputnikovym dannym (Method of iterative expansion of the training set for the recognition of winter crops on satellite data), *Odinnadtsataya vserossiyskaya otkrytaya konferentsiya "Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa"* (5th All-Russia Conference "Current problems in remote sensing of the Earth from space"), Moscow, IKI RAN, 11-15th November 2013. Proc. Conf., 2013, p. 346.
9. Plotnikov D.E., Bartalev S.A., Loupian E.A., Metod detektirovaniya letne-osennikh vskhodov ozimnykh kul'tur po dannym radiometra MODIS (Method of detecting the summer-autumn germination of winter crops according to the MODIS radiometer), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2008, Vol. 2, pp. 322–330.
10. Plotnikov D.E., Bartalev S.A., Loupian E.A., Tolpin V.A., Otsenka tochnosti vyyavleniya posevov ozimnykh kul'tur v vesenne-letnii period vegetatsii po dannym pribora MODIS (Accuracy assessment of winter crops detecting in the spring-summer vegetation period according to the MODIS radiometer), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2017, Vol. 14, No. 4, pp. 132–145.