

## Особенности развития сельскохозяйственных культур в России в 2023 году по данным спутниковых наблюдений

К. А. Трошко<sup>1,4</sup>, П. В. Денисов<sup>1,2</sup>, Е. А. Дунаева<sup>3</sup>,  
Е. А. Лупян<sup>1</sup>, Д. Е. Плотников<sup>1</sup>, В. А. Толпин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия*  
*E-mail: troshko\_prosto@cosmos.ru*

<sup>2</sup> *ООО «Институт космических исследований Земли», Москва, 121205, Россия*  
*E-mail: denisov\_pv@inbox.ru*

<sup>3</sup> *Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма*  
*Симферополь, 295043, Россия*  
*E-mail: water\_crimea@hotmail.com*

<sup>4</sup> *Институт географии РАН, Москва, 119017, Россия*  
*E-mail: troshkoka@yandex.ru*

Представлены результаты анализа состояния сельскохозяйственных культур в России в 2023 г. на основе данных спутниковых наблюдений. Анализ базируется на картах порайонных отклонений максимальных значений индекса NDVI (*англ.* Normalized Difference Vegetation Index) озимых и яровых культур рассматриваемого периода от максимумов предыдущих лет, формируемых в системе спутникового мониторинга «Вега». Показано, что в федеральных округах — лидерах по производству озимых зерновых прогнозная урожайность этой группы культур в 2023 г. по спутниковым данным оценивалась на уровне, не превышающем показатели рекордного 2022 г. (большая часть субъектов Приволжского федерального округа (ПФО), центральные субъекты Центрального федерального округа (ЦФО)) или близком к нему (остальные субъекты европейской части России). Урожайность яровых зерновых и зернобобовых в 2023 г. по спутниковым данным оценивалась на уровне более низком по сравнению с предыдущим годом в большинстве регионов ПФО, Уральского федерального округа (УФО) и Сибирского федерального округа (СФО), а в остальных регионах — на сопоставимом уровне. В то же время в центре и на востоке ПФО, в отдельных регионах УФО и СФО прогнозная урожайность 2023 г. оценивалась на уровне одновременно более низком, чем в среднем за 5-летний и более чем 20-летний периоды, а в южных регионах ЦФО, юго-западных регионах ПФО и на севере Южного федерального округа (ЮФО), напротив, на более высоком.

**Ключевые слова:** мониторинг посевов, озимые культуры, яровые культуры, урожайность, спутниковые системы наблюдения Земли, дистанционное зондирование Земли

Одобрена к печати: 22.12.2023

DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-6-346-352

По предварительным данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, валовой сбор зерновых и зернобобовых культур 2023 г. в стране оценивается на уровне более 150 млн т в чистом весе и 146 млн т — в весе после доработки (<https://specagro.ru/news/202312/sbor-zerna-v-rt-v-chistom-vese-v-etom-godu-prevysit-146-mln-t-putin>), что стало вторым по объёму урожаем этой группы культур после рекорда 2022 г. (тогда он составил 157,6 млн т, а предыдущий максимум был зарегистрирован в 2017 г. на уровне 135,5 млн т) (<https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>, <https://www.fedstat.ru/>).

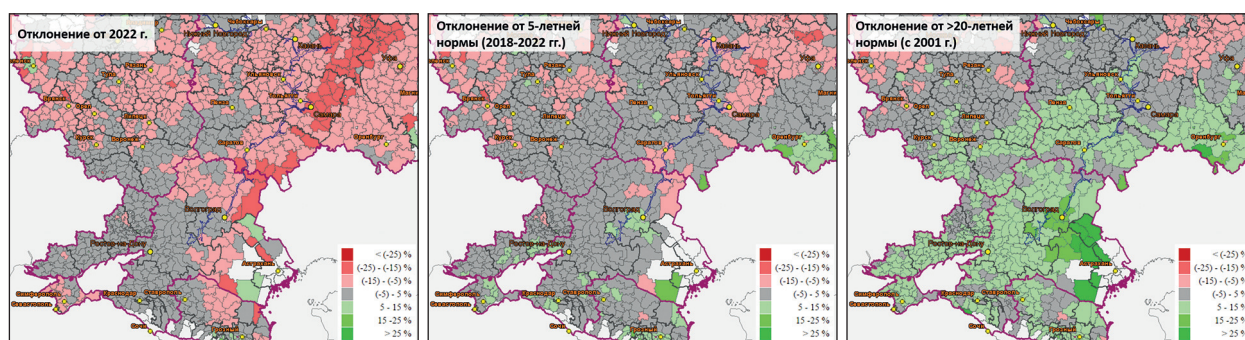
В статье рассматриваются основные особенности развития сельскохозяйственных культур, которые фиксировались по данным спутниковых наблюдений в текущем сезоне.

### Озимые культуры

Как отмечалось ранее (Трошко и др., 2023б), на состояние озимых существенное влияние оказали погодные условия осени и зимы. Из-за обильных осадков и переувлажнения почвы

осенью 2022 г. в южных регионах Центрального федерального округа (ЦФО) сроки посевной кампании были затянуты, что привело к недосеву озимых. В период зимовки в ряде регионов ЦФО и Приволжского федерального округа (ПФО) отмечались повреждения растений, обусловленные образованием на полях ледяной корки из-за сильных перепадов температуры и недостаточного снежного покрова.

В весенне-летний период проводилось наблюдение за максимальными значениями индекса NDVI (*англ.* Normalized Difference Vegetation Index — нормализованный разностный вегетационный индекс) озимых культур. Ранее демонстрировалось (Денисов и др., 2021), что они имеют тесную связь с урожайностью озимых зерновых культур, и в частности озимой пшеницы. На *рис. 1* представлены карты порайонных отклонений максимумов NDVI озимых культур 2023 г. от максимальных значений среднемноголетних (более чем 20-летних) норм, 5-летних норм за период 2018–2022 гг. и от максимумов 2022 г.



*Рис. 1.* Порайонные отклонения  $NDVI_{max}$  озимых культур 2023 г. от  $NDVI_{max}$  среднемноголетних (с 2001 г.), средних за последние 5 лет (2018–2022) и максимумов 2022 г.

Как видно из *рис. 1*, в большинстве районов ПФО, значительном количестве районов ЦФО и Северо-Кавказского федерального округа (СКФО), в отдельных районах Южного федерального округа (ЮФО) пиковые значения NDVI озимых 2023 г. отклонялись в отрицательную сторону от максимумов 2022 г. Наиболее сильные отрицательные отклонения наблюдались в ряде районов Поволжья (в республиках Татарстан и Башкортостан, Самарской и Саратовской областях). В остальных районах (преимущественно в ЮФО, на юге ЦФО, юго-западе ПФО, западе СКФО) максимумы 2023 г. были сопоставимы с показателями предыдущего года, отклоняясь от них на  $\pm 5\%$ .

Относительно 5-летней нормы за 2018–2022 гг. максимумы NDVI озимых 2023 г. в подавляющем большинстве районов, приведённых на *рис. 1*, находились на сопоставимом уровне. При этом обращают на себя внимание отдельные группы районов с негативными отклонениями, в частности в Рязанской обл., а также в республиках Татарстан и Башкортостан и в Самарской обл.

При этом по сравнению со среднемноголетней нормой максимальные значения вегетационного индекса 2023 г. в значительном количестве районов (на юге ПФО и ЦФО и к югу от них) отклонялись в положительную сторону. К северу от них в большинстве районов максимумы 2023 г. были приближены к среднемноголетним, и только в восточных районах Республики Татарстан и северных районах Республики Башкортостан наблюдались отрицательные отклонения.

Учитывая наличие тесной связи между весенне-летними максимумами NDVI и урожайностью озимых зерновых, по результатам спутниковых наблюдений 2023 г. можно сделать следующие основные выводы:

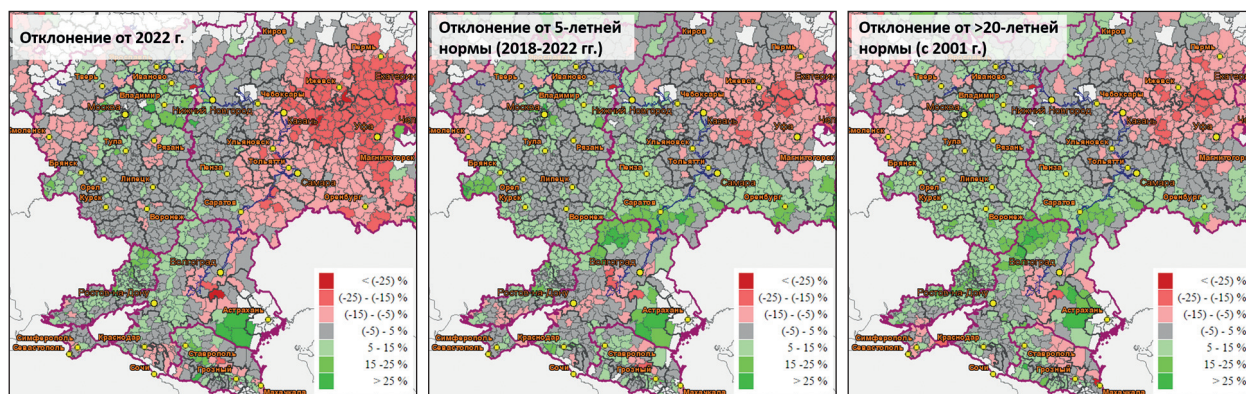
- В южных регионах ЦФО и ПФО, а также в ЮФО урожайность озимых зерновых 2023 г. по спутниковым данным оценивалась на более высоком уровне, чем средняя с начала 2000-х гг., а в остальных регионах — на сопоставимом с ней уровне.

- В подавляющем большинстве регионов урожайность 2023 г. по данным спутниковых наблюдений оценивалась на уровне, приближенном к среднему за последнее пятилетие (2018–2022). Исключением стали некоторые регионы ПФО (Республика Татарстан и Самарская обл.).
- Прогнозная урожайность озимых зерновых культур в 2023 г. в субъектах, традиционно вносящих основной вклад в валовой сбор этой группы культур, по данным спутниковых наблюдений оценивалась на уровне, не превышающем показатели прошлого (рекордного) года (в регионах с преобладанием районов, окрашенных красным цветом на *рис. 1* справа) или близком к нему (регионы с преобладанием «серых» районов на том же рисунке). Факт получения более низкой, чем в предыдущем году, урожайности озимой пшеницы в большинстве регионов ПФО подтверждают, например, предварительные данные о результатах уборочной кампании, приведённые на ресурсе «Зерно.ру» (<https://zerno.ru/node/23178>). Так, в Республике Башкортостан урожайность озимой пшеницы в хозяйствах всех категорий в 2022 г. (по данным Росстата, <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>) составила 39,4 ц/га, а в 2023 г. — 26,2 ц/га (на 34 % меньше, чем годом ранее) (<https://zerno.ru/node/23178>), в Республике Татарстан — 39 ц/га в 2022 г. и 31,9 ц/га в 2023 г. (на 18 % меньше), в Оренбургской обл. — 29,8 ц/га в 2022 г. и 23,9 ц/га в 2023 г. (на 20 % меньше).

### Яровые культуры

В работе (Трошко и др., 2023а) отмечалось, что в основных аграрных регионах европейской части России на третью декаду июня 2023 г. яровые культуры, согласно данным спутниковых наблюдений, развивались близко к среднесреднегодной норме, в отдельных районах отклоняясь от неё в положительную или отрицательную сторону. В субъектах ЮФО и СКФО пиковые значения NDVI яровых культур, показывающие тесную связь с урожайностью яровых зерновых и зернобобовых, тогда уже были преимущественно пройдены; по данным спутникового мониторинга прогнозная продуктивность этой группы культур в 2023 г. оценивалась на среднем уровне между самыми урожайными и неурожайными годами за последние 15 лет. Во многих субъектах азиатской части России ввиду не самой благоприятной метеорологической обстановки яровые культуры значительно отставали в развитии относительно среднесреднегодной нормы.

На *рис. 2* и *3* представлены карты порайонных отклонений максимальных значений NDVI яровых культур 2023 г. от среднесреднегодных (более чем 20-летних) и 5-летних (за период 2018–2022 гг.) максимумов и от максимумов 2022 г. для европейской и азиатской части России соответственно.



*Рис. 2.* Порайонные отклонения  $NDVI_{max}$  яровых культур 2023 г. от  $NDVI_{max}$  среднесреднегодных (с 2001 г.), средних за последние 5 лет (2018–2022) и максимумов 2022 г. (европейская часть России)

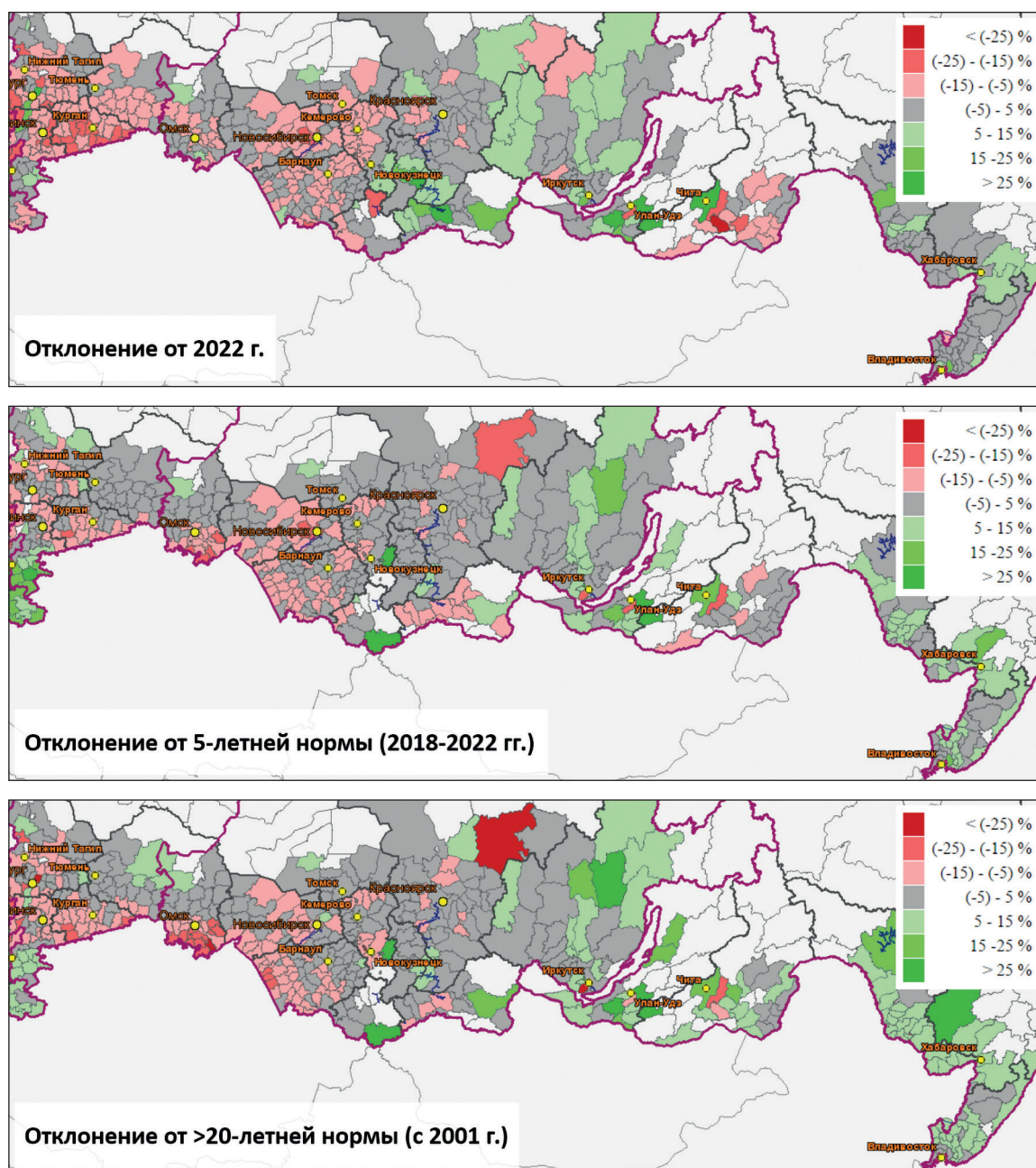


Рис. 3. Порайонные отклонения  $NDVI_{max}$  яровых культур 2023 г. от  $NDVI_{max}$  среднемноголетних (с 2001 г.), средних за последние 5 лет (2018–2022) и максимумов 2022 г. (азиатская часть России)

Как видно из рис. 2 и 3, в большинстве районов ПФО (за исключением западных) максимальные значения  $NDVI$  яровых 2023 г. значительно отклонялись в отрицательную сторону от максимумов 2022 г. Как и в случае с озимыми культурами, наиболее сильно эти отклонения выражены в республиках Татарстан и Башкортостан (за последние 5 лет эти регионы входили в список десяти регионов — лидеров по сбору яровых зерновых и зернобобовых в целом по стране), вероятной причиной чего стал недостаток влаги при повышенной температуре воздуха (рис. 4, см. с. 350). В остальных округах европейской части России максимумы 2023 г. были сопоставимы со значениями предыдущего года или несколько превышали их. В УФО и СФО от северной части Челябинской обл. до Кузбасса в значительном количестве районов  $NDVI_{max}$  яровых 2023 г. отклонялся в отрицательную сторону от аналогичных показателей предыдущего года. В остальных районах этих федеральных округов максимумы 2023 г. находились в основном на сопоставимом уровне со значениями 2022 г.

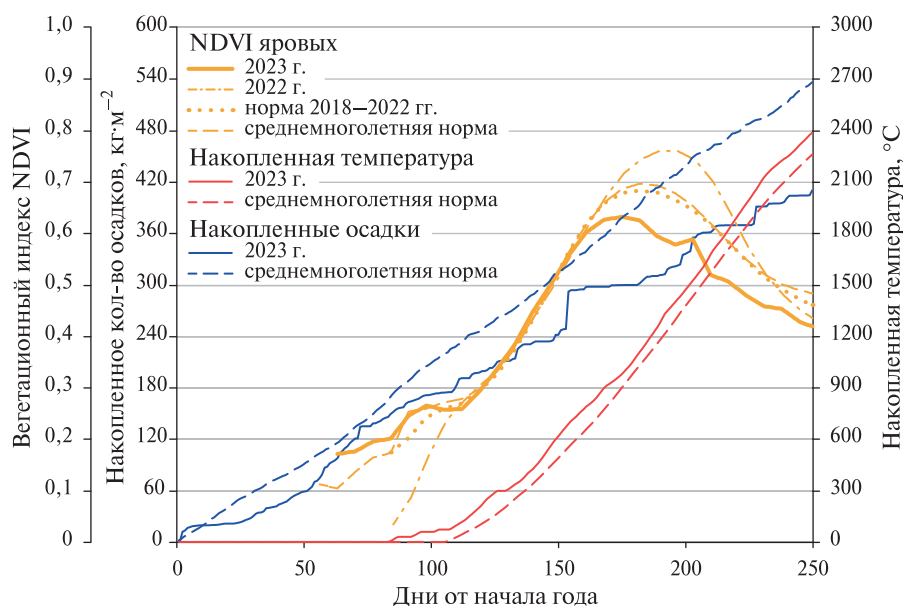


Рис. 4. Ход NDVI яровых культур и метеопараметров в Республике Татарстан в 2023 г. и предыдущие периоды

По сравнению со среднемноголетней и 5-летней нормой в 2023 г. сложилась следующая ситуация. От Курской обл. до юга Челябинской обл. наблюдался пояс, охватывающий южные районы ЦФО, северные районы ЮФО, юго-западные и южные районы ПФО, юго-западные районы УФО, в котором максимумы NDVI яровых 2023 г. превышали максимумы многолетних норм. Отрицательные отклонения от многолетних значений в 2023 г. наблюдались в центральных и восточных районах ПФО, а за Уралом — от северных районов Челябинской обл. и далее до Алтайского края, преимущественно в районах вдоль границы с Казахстаном. В остальных районах наблюдаемые значения  $NDVI_{max}$  яровых культур находились в основном на уровне, близком к значениям более чем 20-летней и 5-летней нормы.

Наличие тесной связи между максимумами NDVI яровых культур и урожайностью яровых зерновых и зернобобовых позволяет сделать следующие выводы по результатам дистанционного наблюдения 2023 г.:

- В большинстве регионов ПФО (кроме западных), УФО и СФО урожайность яровых зерновых и зернобобовых 2023 г. оценивалась по спутниковым данным на более низком уровне, чем в 2022 г., в остальных регионах — на близком уровне.
- При этом в центре и на востоке ПФО (республики Татарстан, Башкортостан), в УФО (Курганская обл.) и СФО (от Омской обл. до Алтайского края) прогнозные значения урожайности 2023 г. оценивались по данным спутниковых наблюдений на уровне одновременно более низком, чем в среднем за 5-летний и более чем 20-летний период, а в южных регионах ЦФО (Белгородская, Воронежская и Тамбовская области), юго-западных регионах ПФО (Пензенская и Саратовская области) и на севере ЮФО (Волгоградская обл.), напротив, на более высоком.

Учитывая значительное разнообразие условий выращивания озимых и яровых сельскохозяйственных культур на территории России, сделать однозначный вывод о подтверждении результатами спутниковых наблюдений факта достижения второго в истории страны урожая зерновых и зернобобовых представляется затруднительным. Это связано с тем, что снижение урожайности культур в одних регионах (например, в ряде субъектов ПФО, УФО, СФО) может быть компенсировано высокими показателями продуктивности на других территориях (например, в регионах ЮФО и ЦФО). После публикации официальной статистической информации об итогах сельскохозяйственного сезона 2023 г. представляется целесообразным проведение более детального анализа результатов спутниковых наблюдений.

Работа выполнена с использованием возможностей Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2019). Методы анализа данных, использованные в работе, развиваются в рамках темы «Мониторинг» (госрегистрация № 122042500031-8). Анализ данных проведён совместно специалистами Института космических исследований РАН (в рамках работ по теме «Мониторинг»), ООО «Институт космических исследований Земли», Института географии РАН (госзадание № АААА-А19-119022190168-8) и Научно-исследовательского института сельского хозяйства Крыма (госзадание № 122101300031-4).

## Литература

1. Денисов П. В., Середа И. И., Трошко К. А. и др. Возможности и опыт оперативного дистанционного мониторинга состояния озимых культур на территории России // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 2. С. 171–185. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-2-171-185.
2. Лупян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А. и др. 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. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
3. Трошко К. А., Денисов П. В., Дунаева Е. А. и др. (2023а) Развитие сельскохозяйственных культур в России в июне 2023 года по данным спутниковых наблюдений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20. № 3. С. 330–338. DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-3-330-338.
4. Трошко К. А., Денисов П. В., Дунаева Е. А. и др. (2023б) Особенности развития озимых сельскохозяйственных культур в южных и центральных регионах России весной 2023 года по данным дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20. № 2. С. 302–308. DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-2-302-308.

## Features of the development of agricultural crops in Russia in 2023 based on satellite observations data

К. А. Troshko<sup>1,4</sup>, P. V. Denisov<sup>1,2</sup>, Ye. A. Dunaieva<sup>3</sup>,  
E. A. Loupian<sup>1</sup>, D. E. Plotnikov<sup>1</sup>, V. A. Tolpin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia  
E-mail: troshko\_prosto@cosmos.ru

<sup>2</sup> OOO Space Research Institute for the Earth, Moscow 121205, Russia  
E-mail: denisov\_pv@inbox.ru

<sup>3</sup> Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol 295043, Russia  
E-mail: water\_crimea@hotmail.com

<sup>4</sup> Institute of Geography RAS, Moscow 119017, Russia  
E-mail: troshkoka@yandex.ru

The results of the analysis of agricultural crops state in Russia in 2023 based on satellite observation data are presented. The analysis is based on NDVI deviation maps generated in the Vega satellite monitoring system. It is shown that in the federal districts that are leaders in winter grain crop production, the forecast yield of this group of crops in 2023, according to remote sensing data, was estimated at a level not exceeding the level of 2022 (record) year (most of the Volga Federal District regions, central regions of the Central Federal District) or close to it (the other regions of the European part of Russia). The yield of spring grain crops and legumes in 2023, according to remote sensing data, was estimated at a level lower than in the previous year in most regions of the Volga Federal District, Ural Federal District and Siberian Federal District, and in other regions — at a comparable level. At the same time, in the center and east of the Volga Federal District, in certain regions of Ural Federal District and

Siberian Federal District, the forecast yield of 2023 was estimated at a level that was simultaneously lower than the average for five-year and more than 20-year periods, while in the southern regions of Central Federal District, south-western regions of Volga Federal District and in the north of Southern Federal District, on the contrary, at a higher level.

**Keywords:** crops monitoring, winter crops, spring crops, yield, Earth observation satellite systems, remote sensing

Accepted: 22.12.2023

DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-6-346-352

## References

1. Denisov P. V., Sereda I. I., Troshko K. A. et al., Opportunities and experience of operational remote monitoring of winter crops condition in Russia, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, Vol. 18, No. 2, pp. 171–185 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-2-171-185.
2. Loupian E. A., Proshin A. A., Burtsev M. A. et al., Experience of development and operation of the IKI-Monitoring center for collective use of systems for archiving, processing and analyzing satellite data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 3, pp. 151–170 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
3. Troshko K. A., Denisov P. V., Dunaieva Ie. A. et al. (2023a), Development of agricultural crops in Russia in June 2023 based on remote sensing data, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2023, Vol. 20, No. 3, pp. 330–338 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-3-330-338.
4. Troshko K. A., Denisov P. V., Dunaieva Ie. A. et al. (2023b), Development of winter crops in the southern and central regions of Russia in spring 2023 based on remote sensing data, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2023, Vol. 20, No. 2, pp. 302–308 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-2-302-308.