Развитие сельскохозяйственных культур в России в июне 2023 года по данным спутниковых наблюдений

К. А. Трошко [1,3], П. В. Денисов [1,4], Е. А. Дунаева [2], Ю. С. Крашенинникова [1], Д. Е. Плотников [1], В. А. Толпин [1]

[1] *Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия*
E-mail: evgeny@d902.iki.rssi.ru

[2] *Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма Симферополь, 295043, Россия*
E-mail: water_crimea@hotmail.com

[3] *Институт географии РАН, Москва, 119017, Россия*
E-mail: troshkoka@yandex.ru

[4] *ООО «Институт космических исследований Земли», Москва, 121205, Россия*
E-mail: denisov_pv@inbox.ru

Представлены результаты спутниковых наблюдений развития озимых и яровых сельскохозяйственных культур в России в июне 2023 г. На основе отклонений максимальных значений вегетационного индекса NDVI (*англ.* Normalized Difference Vegetation Index) озимых 2023 г. от аналогичных показателей предыдущих лет сделан вывод о том, что урожайность озимой пшеницы в России в 2023 г. вряд ли будет рекордной, но при этом она может превысить среднемноголетний уровень. Для регионов —лидеров по валовому сбору озимой пшеницы приведены оценки потенциальной продуктивности этой культуры, основанные на связи исторических значений NDVI и показателей урожайности. В основных аграрных регионах европейской части России яровые культуры развивались близко к среднемноголетним показателям, в отдельных районах отклоняясь от них в положительную или отрицательную сторону. На основе связи максимумов NDVI яровых с урожайностью яровых зерновых и зернобобовых сделан вывод, что продуктивность этой группы культур в южных регионах европейской части России в 2023 г. может стать приближенной к среднемноголетней. В остальных регионах максимумы вегетационного индекса яровых культур преимущественно ещё не достигнуты, при этом на значительных площадях (особенно в Сибирском и Уральском федеральных округах, в отдельных районах Приволжского федерального округа) отмечаются некоторые проблемы в развитии яровых культур, обусловленные сложившейся метеорологической обстановкой.

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

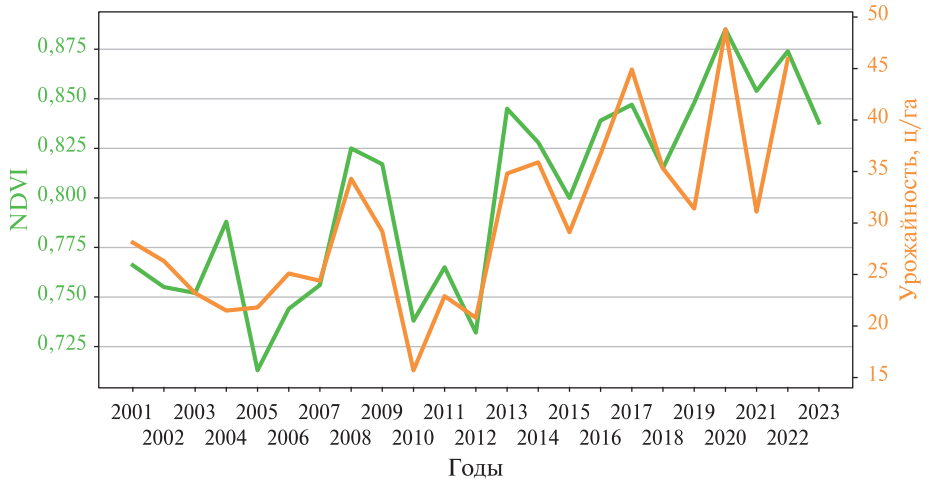
Одобрена к печати: 10.07.2023
DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-3-330-338

Озимые культуры

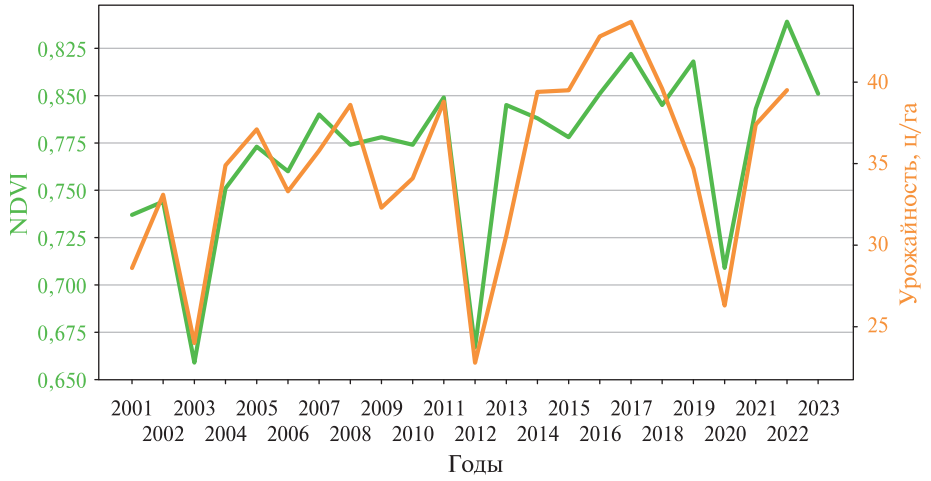
По данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, по состоянию на начало второй декады июня 2023 г. в южных регионах страны началась уборка озимых зерновых культур (https://www.agroinvestor.ru/regions/news/40453-v-rossii-startovala-uborochnaya-kampaniya).

Согласно данным спутниковых наблюдений, в большинстве регионов, традиционно выступающих лидерами по валовому сбору озимых зерновых, вегетационный индекс NDVI (*англ.* Normalized Difference Vegetation Index — нормализованный разностный вегетационный индекс) указанной группы культур, рассчитанный по данным прибора MODIS (*англ.* Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer — сканирующий спектрорадиометр среднего разрешения), уже прошёл максимальные значения в этом сезоне.

Как было показано, например, в работах (Денисов и др., 2021; Трошко и др., 2022), весенне-летние максимумы NDVI озимых имеют тесную связь с урожайностью озимой пшеницы (*рис. 1*, см. с. 331) — культуры, занимающей около 90 % в валовом сборе озимых зерновых в целом по стране.



а



б

Рис. 1. Связь максимальных значений NDVI озимых и урожайности озимой пшеницы в хозяйствах всех категорий (https://www.fedstat.ru/, https://rosstat.gov.ru) в 2001–2022 гг. на примере Тамбовской обл. (*а*) и Ставропольского края (*б*)

Учитывая наличие такой связи, для предварительной оценки урожайности озимой пшеницы могут быть использованы сведения об отклонениях максимумов NDVI озимых анализируемого года от максимумов предыдущих лет (*рис. 2*, см. с. 332) совместно с историческими сведениями об урожайности (*рис. 3*, см. с. 333).

В большинстве районов Приволжского федерального округа (ПФО) $NDVI_{max}$ озимых 2023 г. отклонялся в отрицательную сторону от $NDVI_{max}$ 2022 и 2020 гг. (годы, в которые за последние 5 лет в округе наблюдалась наибольшая урожайность озимой пшеницы). В то же время относительно одного из самых неурожайных годов последних лет (2021) максимум вегетационного индекса озимых 2023 г., напротив, в значительном количестве районов отклонялся в положительную сторону. То есть в целом по ПФО потенциальная урожайность озимой пшеницы по данным дистанционных наблюдений оценивается на среднем уровне между самыми урожайными и неурожайными годами за последние 5 лет.

В большинстве районов Ставропольского края (субъекта, вносящего основной вклад в валовой сбор озимой пшеницы в Северо-Кавказском федеральном округе (СКФО)) $NDVI_{max}$ озимых 2023 г. отклонялся в положительную сторону относительно $NDVI_{max}$ 2020 г. (год, в который урожайность озимой пшеницы была минимальной). Максимумы NDVI озимых 2023 г. более чем в половине районов края находились на сопоставимом уровне с $NDVI_{max}$ остальных, более урожайных лет (с 2018 г.), отклоняясь в отдельных районах

в положительную или отрицательную сторону. Таким образом, в Ставропольском крае потенциальная урожайность озимой пшеницы по спутниковым данным также оценивается на промежуточном уровне между показателями самых урожайных и неурожайных годов за 5-летний период.

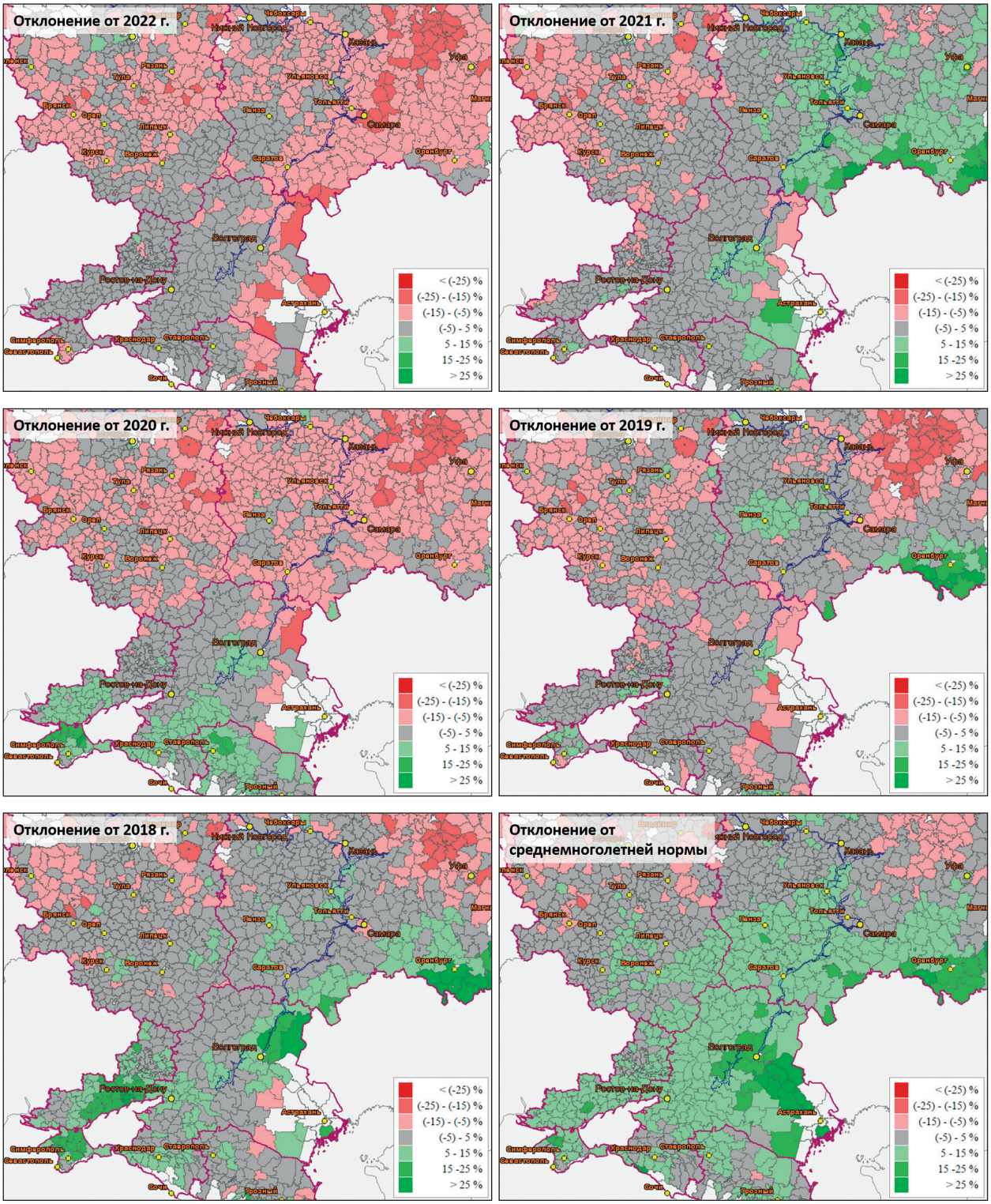


Рис. 2. Порайонные отклонения $NDVI_{max}$ озимых культур в 2023 г. от значений $NDVI_{max}$ за последние 5 лет и от среднемноголетней нормы (рассчитана с начала 2000-х гг. по настоящее время)

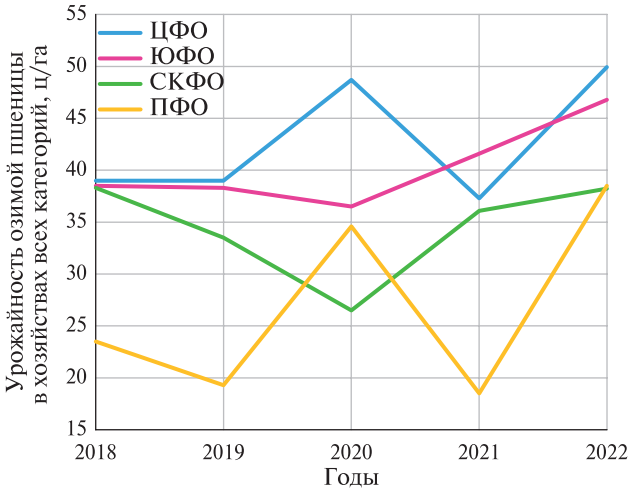


Рис. 3. Урожайность озимой пшеницы в хозяйствах всех категорий в 2018–2022 гг. по федеральным округам (по данным https://www.fedstat.ru/, https://rosstat.gov.ru/folder/11110/document/13277)

В большинстве районов Южного федерального округа (ЮФО) $NDVI_{max}$ озимых 2023 г. находился на сопоставимом уровне с $NDVI_{max}$ пяти последних лет. При этом можно заметить, что в ряде южных районов округа пиковые значения вегетационного индекса озимых 2023 г. отклонялись в положительную сторону от значений 2018 и 2020 гг. (в ЮФО — менее урожайные годы, чем 2022 и 2021 гг.). То есть, согласно спутниковым наблюдениям, и в ЮФО потенциальная урожайность озимой пшеницы оценивается на среднем за последние 5 лет уровне.

Фактическая урожайность озимой пшеницы в хозяйствах всех категорий в 2018–2022 гг. (по данным https://www.fedstat.ru/, https://rosstat.gov.ru/folder/11110/document/13277) и потенциальная урожайность в 2023 г., определённая по спутниковым данным

Федеральный округ	субъект	Фактическая урожайность озимой пшеницы в хозяйствах всех категорий, ц/га					Оценка по спутниковым данным	
		2018	2019	2020	2021	2022	Урожайность 2023, ц/га	Средняя ошибка оценки, ц/га
ПФО	Республика Башкортостан	25,4	25,7	33,0	17,8	39,4	22,2	3,4
	Республика Татарстан	28,9	29,4	42,2	16,1	39,0	25,0	3,6
	Оренбургская обл.	16,1	11,3	28,3	11,9	29,8	21,8	2,9
	Пензенская обл.	29,4	23,4	43,8	26,1	45,8	37,0	4,6
	Самарская обл.	25,3	20,5	37,1	20,5	45,2	22,0	2,3
	Саратовская обл.	20,4	17,1	29,9	17,3	37,7	24,1	2,3
	Ульяновская обл.	23,7	17,7	37,5	19,1	38,1	25,0	3,3
СКФО	Ставропольский край	39,6	34,7	26,3	37,4	39,5	38,1	2,5
ЦФО	Белгородская обл.	44,6	48,6	54,0	45,0	56,2	42,5	4,4
	Воронежская обл.	35,5	36,6	44,7	29,5	47,6	34,5	3,7
	Курская обл.	45,1	49,5	56,9	43,8	60,6	38,0	3,7
	Липецкая обл.	42,9	42,1	55,4	37,7	54,6	37,2	4,1
	Орловская обл.	41,7	43,0	48,8	42,3	51,7	36,3	2,5
	Рязанская обл.	31,8	32,4	45,1	32,8	47,3	23,1	3,0
	Тамбовская обл.	35,3	31,4	48,8	31,1	45,9	35,5	3,1
	Тульская обл.	39,0	33,9	43,4	38,8	48,4	28,1	3,1
ЮФО	Республика Крым	16,8	28,2	18,6	26,9	39,7	34,6	2,7
	Краснодарский край	61,6	59,7	47,8	60,0	66,4	58,4	3,9
	Волгоградская обл.	23,3	24,5	28,7	25,9	35,4	29,3	2,7
	Ростовская обл.	36,0	35,6	36,5	39,6	44,9	38,5	3,1

Урожайность озимой пшеницы в субъекте в 2018–2022 гг. (фактическая) и в 2023 г. (прогнозная)

min max

В Центральном федеральном округе (ЦФО) порайонные значения $NDVI_{max}$ озимых 2023 г. были либо на сопоставимом уровне с максимумами NDVI пяти предыдущих лет, либо отклонялись от них в отрицательную сторону, что говорит о том, что потенциальная урожайность озимой пшеницы в округе может быть на уровне самой низкой за последнее пятилетие.

При этом заметим, что в большинстве районов юга европейской части России, южной части ПФО, а также ряде южных районов ЦФО $NDVI_{max}$ озимых 2023 г. отклонялся в положительную сторону от среднемноголетней (более чем 20-летней) нормы. В остальных районах максимумы вегетационного индекса были преимущественно сопоставимы со среднемноголетними значениями, лишь в отдельных районах ЦФО и ПФО они отклонялись в отрицательную сторону от среднемноголетней нормы. Таким образом, в районах, выделенных зелёным цветом на карте, иллюстрирующей отклонения $NDVI_{max}$ от среднемноголетней нормы (см. *рис. 2*), потенциальная продуктивность озимой пшеницы по спутниковым данным оценивается выше среднемноголетней (с начала 2000-х гг.), серым цветом — на уровне среднемноголетней, красным — ниже неё.

В *таблице* приведена сводная информация об урожайности озимой пшеницы за последние 5 лет в регионах — лидерах по валовому сбору этой культуры, а также прогнозные значения урожайности на 2023 г., полученные по данным спутниковых наблюдений.

По мере появления новых спутниковых данных оценки потенциальной урожайности озимой пшеницы могут быть скорректированы, особенно в северных регионах ЦФО и ПФО.

Яровые культуры

По информации Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, к середине июня 2023 г. яровой сев в стране был практически завершён, он проведён почти на 51 млн га, из которых 29 млн га занято зерновыми культурами (https://rg.ru/2023/06/14/reg-skfo/strada-obitaniia.html).

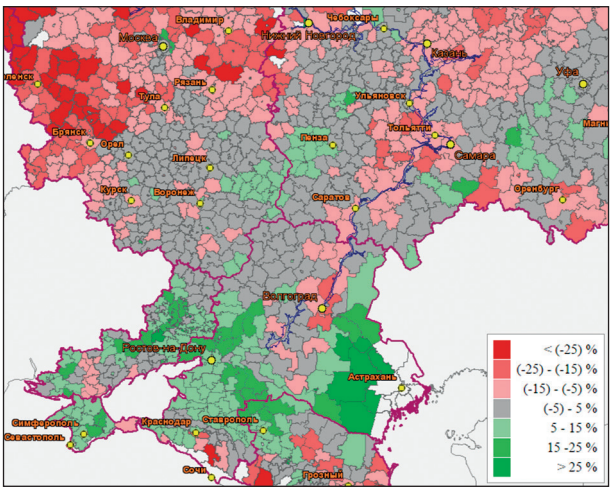
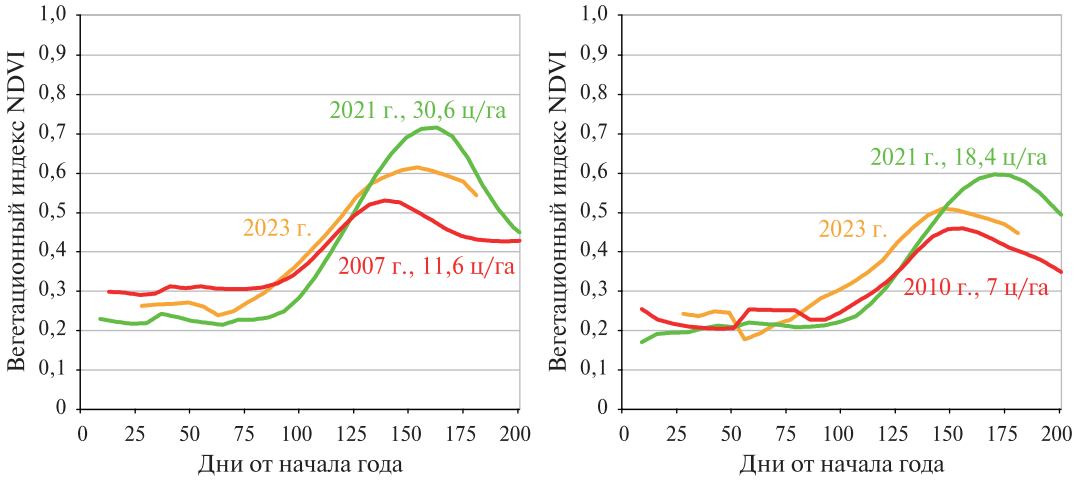


Рис. 4. Отклонение NDVI яровых культур от среднемноголетней нормы на 25-ю неделю (19–25 июня) 2023 г. на европейской территории России

В основных аграрных регионах европейской части России на первую половину третьей декады июня 2023 г. яровые культуры развивались близко к среднемноголетним показателям, в отдельных районах отклоняясь от них в положительную или отрицательную сторону (например, в Республике Татарстан, где из-за засухи введён режим чрезвычайной ситуации (ЧС) (https://ria.ru/20230705/tatarstan-1882334166.html)) (*рис. 4*).

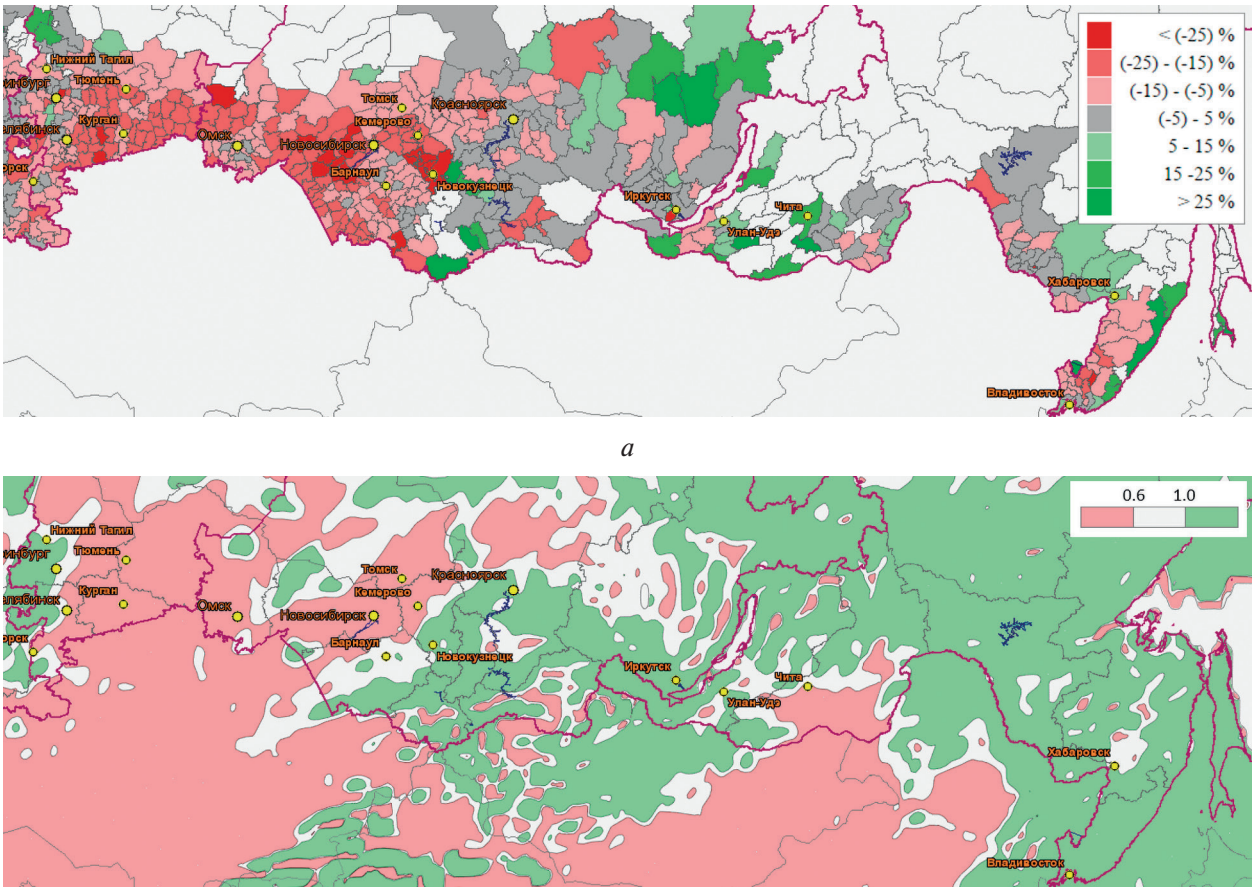
В субъектах Южного и Северо-Кавказского федеральных округов максимальные значения NDVI яровых культур уже преимущественно пройдены. В работе (Трошко и др., 2021) было показано, что $NDVI_{max}$ яровых в ряде регионов имеет тесную связь с урожайностью такой группы культур, как яровые зерновые и зернобобовые. Совместный анализ максимумов NDVI яровых культур и исторических данных об урожайности яровых зерновых и зернобобовых (по данным Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС), https://www.fedstat.ru/) позволяет сделать предварительный вывод, что, например, в Волгоградской и Ростовской областях потенциальная урожайность анализируемой группы культур в 2023 г. может достичь среднего уровня между значениями самых урожайных и неурожайных лет за 15-летний период (*рис. 5*, см. с. 335).



а *б*

Рис. 5. Ход NDVI яровых культур в разные годы в сопоставлении с урожайностью яровых зерновых и зернобобовых в хозяйствах всех категорий (https://www.fedstat.ru/): *а* — Ростовская обл.; *б* — Волгоградская обл.

Максимумы NDVI яровых культур в районах центральной полосы европейской части России в июне 2023 г. ещё не достигнуты, оценки потенциальной продуктивности по ним могут быть даны позднее.



а

б

Рис. 6. Азиатская часть России: *а* — отклонение NDVI пахотных земель от среднемноголетней нормы на 25-ю неделю (19–25 июня) 2023 г.; *б* — гидротермический коэффициент за месяц на 19 июня 2023 г.

Не самым благоприятным образом выглядит ситуация с яровыми культурами в азиатской части России. На пахотных землях в большинстве районов юга Уральского и Сибирского федеральных округов по данным спутниковых наблюдений отмечается значительное отклонение индекса вегетации в отрицательную сторону от среднемноголетних показателей (*рис. 6а*, см. с. 335). Такая ситуация обусловлена недостатком осадков при повышенной температуре воздуха: в начале июня 2023 г. во многих районах рассматриваемой территории держалась температура воздуха, превышающая 30 °С (*рис. 6б*, *7*). Сложности с посевами на юге Уральского и Сибирского федеральных округов подтверждаются данными региональных министерств сельского хозяйства и аналитиков в области агропромышленного комплекса; в частности, в отдельных районах макрорегиона был введён режим ЧС (https://www.interfax.ru/russia/905082, https://www.agroinvestor.ru/regions/news/40440-pogodnye-usloviya-v-sibiri-i-na-urale-vyzvali-slozhnosti-s-posevami/, https://www.agroinvestor.ru/analytics/news/40506-sovekon-ponizil-prognoz-sbora-zerna-v-rossii/).

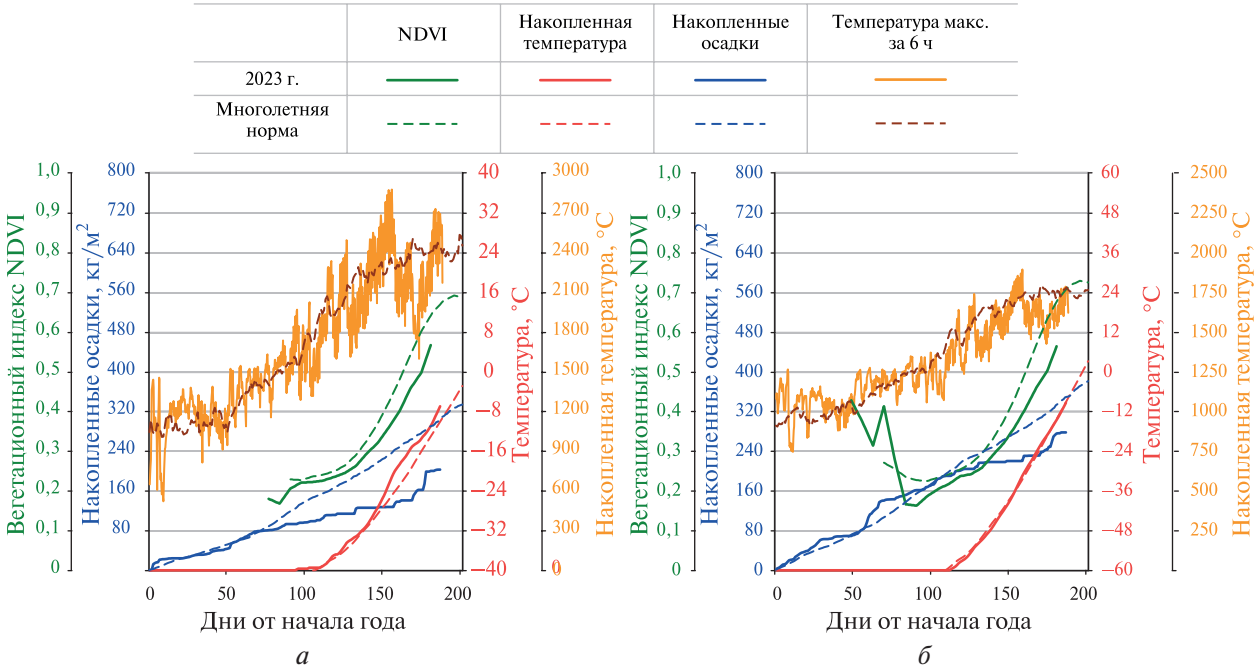


Рис. 7. Ход NDVI пахотных земель и метеопараметров в субъектах азиатской части России в 2023 г. и в среднем за последние годы: *а* — Курганская обл.; *б* — Новосибирская обл.

Дистанционное наблюдение за состоянием яровых культур на территории России в 2023 г. будет продолжено.

Спутниковый мониторинг состояния посевов сельскохозяйственных культур в первой половине 2023 г. в целом позволяет сделать следующие выводы:

- урожайность озимых зерновых культур в 2023 г. вряд ли станет рекордной, при этом она оценивается на уровне не ниже среднемноголетней;
- продуктивность яровых зерновых и зернобобовых культур в южных регионах европейской части России по спутниковым данным оценивается на среднем уровне между самыми урожайными и неурожайными годами за последние 15 лет;
- наблюдение за яровыми культурами в остальных регионах требует продолжения. При этом уже сейчас можно заметить, что на значительных площадях (особенно в Уральском и Сибирском федеральных округах) яровые культуры испытывают некоторые проблемы в развитии, обусловленные сложившейся метеорологической обстановкой.

Работа выполнена с использованием возможностей Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2019). Методы анализа данных, использованные в рабо-

те, развиваются в рамках темы «Мониторинг» (госрегистрация № 122042500031-8). Анализ данных проведён совместно специалистами Института космических исследований РАН (в рамках работ по теме «Мониторинг»), ООО «ИКИЗ», 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.*, *Лупян Е. А.*, *Плотников Д. Е.*, *Толпин В. А.* 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.*, *Кашницкий 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. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
3. *Трошко К. А.*, *Денисов П. В.*, *Лупян Е. А.*, *Плотников Д. Е.*, *Толпин В. А.* Особенности состояния зерновых культур в регионах европейской части России и Сибири в июне 2021 г. по данным дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 3. С. 325–331. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-3-325-331.
4. *Трошко К. А.*, *Денисов П. В.*, *Дунаева Е. А.*, *Лупян Е. А.*, *Плотников Д. Е.*, *Толпин В. А.* Особенности развития сельскохозяйственных культур в первой половине лета 2022 года на основе данных дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 3. С. 302–311. DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-3-302-311.

Development of agricultural crops in Russia in June 2023 based on remote sensing data

K. A. Troshko [1,3], P. V. Denisov [1,4], Ie. A. Dunaieva [2], Yu. S. Krasheninnikova [1], D. E. Plotnikov [1], V. A. Tolpin [1]

[1] *Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia*
E-mail: evgeny@d902.iki.rssi.ru

[2] *Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol 295043, Russia*
E-mail: water_crimea@hotmail.com

[3] *Institute of Geography RAS, Moscow 119017, Russia*
E-mail: troshkoka@yandex.ru

[4] *OOO Space Research Institute for the Earth, Moscow 121205, Russia*
E-mail: denisov_pv@inbox.ru

The results of satellite observations of the development of winter and spring crops in Russia in June 2023 are discussed. It was concluded, based on the deviations of the maximum values of NDVI vegetation index for winter crops in 2023 from similar values of previous years, that the yield of winter wheat in Russia in 2023 is unlikely to be a record one, but at the same time it may exceed the average long-term level. For the regions that are leaders in the winter wheat production, estimates of the potential productivity of this crop are given, based on the relationship between historical NDVI and yield values. In the main agrarian regions of the European part of Russia, spring crops have developed close to the average long-term norm, though with some positive or negative NDVI deviations in certain areas. It was concluded, based on the relationship between the NDVImax of spring crops and the yield of spring cereals, that the productivity of this group of crops in the southern regions of the European

part of Russia in 2023 may become close to the long-term average. In the other regions, the peaks of the vegetation index of spring crops have not been reached yet. At the same time in large areas (especially in the Siberian Federal District, Ural Federal District, in some areas of the Volga Federal District) there are some problems in the development of spring crops due to the current meteorological situation.

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

Accepted: 10.07.2023
DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-3-330-338

References

1. Denisov P. V., Sereda I. I., Troshko K. A., Loupian E. A., Plotnikov D. E., Tolpin V. A., 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., Kashnitskii 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., 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., Loupian E. A., Plotnikov D. E., Tolpin V. A., The state of grain crops in the European part of Russia and Siberia in June 2021 based on remote sensing data, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, Vol. 18, No. 3, pp. 325–331 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-3-325-331.
4. Troshko K. A., Denisov P. V., Dunaeva E. A., Loupian E. A., Plotnikov D. E., Tolpin V. A., Features of crops development in the first half of summer 2022 from remote monitoring data, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2022, Vol. 19, No. 3, pp. 302–311 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-3-302-311.