

## Дистанционный мониторинг состояния озимых культур зимой 2020/2021 гг. на европейской территории России

Е. А. Лупян<sup>1</sup>, И. И. Середа<sup>1</sup>, П. В. Денисов<sup>1,2</sup>,  
К. А. Трошко<sup>1,3</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: evgeny@d902.iki.rssi.ru*

<sup>2</sup> *Институт космических исследований Земли, Москва, 121205, Россия*  
*E-mail: org@iki-z.ru*

<sup>3</sup> *Институт географии РАН, Москва, 119017, Россия*  
*E-mail: k.a.troshko@igras.ru*

Во второй половине 2020 г. на территории европейской части России наблюдалась уникальная ситуация для развития озимых культур. Вследствие осенней засухи, по данным дистанционного мониторинга являющейся наиболее масштабной в XXI в., возникли крайне неблагоприятные условия их роста. Это стало причиной того, что многие посевы озимых ушли в зиму, не достигнув необходимых стадий развития. В подобной ситуации крайне важным условием для сохранения урожая являются благоприятные погодные условия для озимых культур в зимний и весенний периоды. В данной работе приведены основные результаты мониторинга состояния озимых культур в зимний период 2020/2021 гг. Обозначены регионы, в которых риски негативного развития озимых культур наиболее велики. Показаны перспективы урожайности озимых культур под урожай 2021 г. Указывается, что в целом погодные условия зимой оказали положительное влияние на развитие озимых культур на территории европейской части России.

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

Одобрена к печати: 08.03.2021

DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-1-165-172

В августе и сентябре 2020 г. на значительной территории юга европейской части России наблюдалась сильная почвенная засуха. Это явление, по данным дистанционного мониторинга, стало наиболее масштабным за историю наблюдений в XXI в. Сложившаяся ситуация негативно повлияла на развитие озимых культур ранней осенью 2020 г. и стала причиной их слабой всхожести и недостаточного развития перед уходом в зиму во многих регионах России. В особенности это характерно для Южного, Северо-Кавказского и Центрального федеральных округов (Лупян и др., 2020б). В связи со сложившейся ситуацией одним из решающих факторов для оценки состояния озимых культур являются погодные условия зимы 2020/2021 гг. и то, насколько они благоприятны для посевов.

В настоящей работе рассмотрены результаты дистанционного мониторинга озимых культур и оценка метеорологических условий их развития в текущем сезоне. При этом используются возможности и инструменты сервиса Vega-Science (Лупян и др., 2011, 2019). Анализ состояния озимых культур проводится на основе визуализации данных дистанционного зондирования и продуктов их обработки, а также наблюдений за динамикой метеорологических показателей. Подобный подход описывался и успешно применялся в ряде работ (Лупян и др., 2017, 2018, 2020а; Плотников и др., 2008; Толпин и др., 2014).

Одним из основных признаков, который позволяет говорить о недостаточном развитии озимых культур в осенний период, является карта озимых культур, детектируемых по данным съёмочной системы MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Данные карты показывают участки пахотных земель, на которых наблюдался значительный рост индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index — нормализованный разностный вегетационный индекс), характерный для озимых культур в этот период года.

В сравнении с прошлым сезоном на конец 2020 г. озимых культур обнаружено значительно меньше на территории Северо-Кавказского федерального округа, Республики Калмыкии, Ростовской, Воронежской, Белгородской, Курской, Липецкой и Тамбовской областей. Тем не менее при сохранении благоприятных погодных условий в дальнейшем крайне вероятно их активное весеннее развитие. На территории Поволжья и севера Центрального федерального округа ситуация с развитием озимых культур более благоприятная (рис. 1).

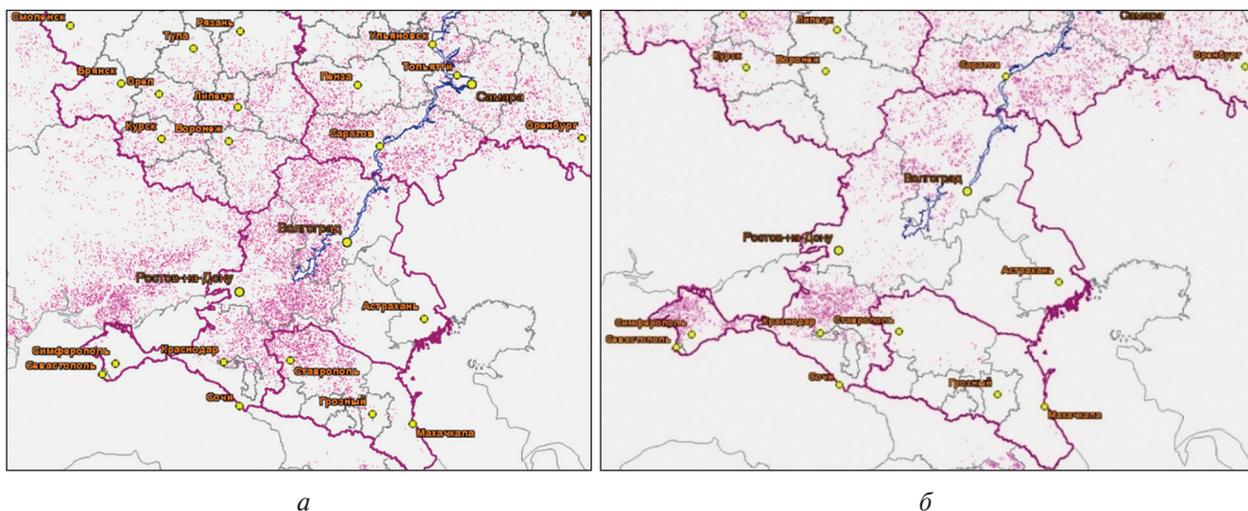


Рис. 1. Озимые культуры (обозначены розовым цветом), детектированные по спутниковым данным: а — 04.12.2019; б — 17.12.2020

Отдельно необходимо отметить ситуацию, возникшую на территории Республики Крым и в Краснодарском крае. Здесь по данным дистанционного зондирования в октябре детектировалось намного меньше всходов озимых культур, чем в декабре. Таким образом, озимые культуры в этих регионах всё-таки смогли развиваться достаточно, чтобы перенести зимний период года без критических последствий (рис. 2).

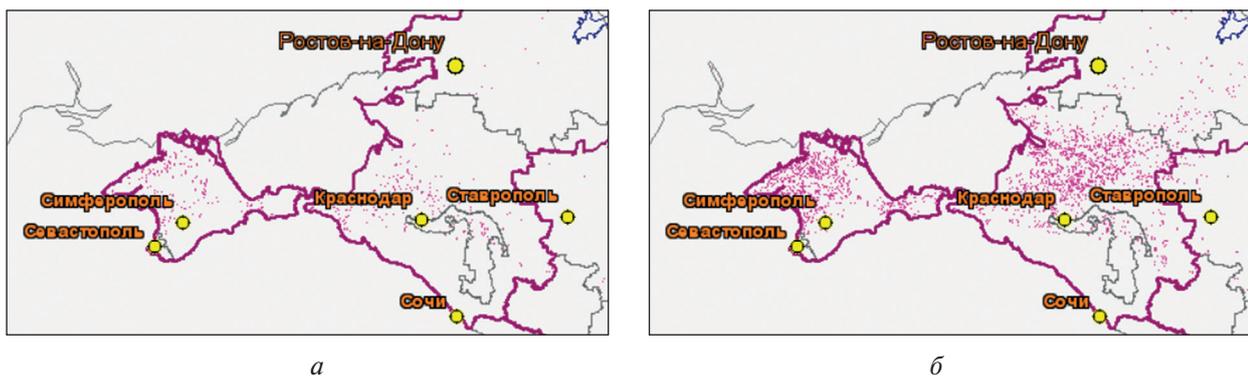
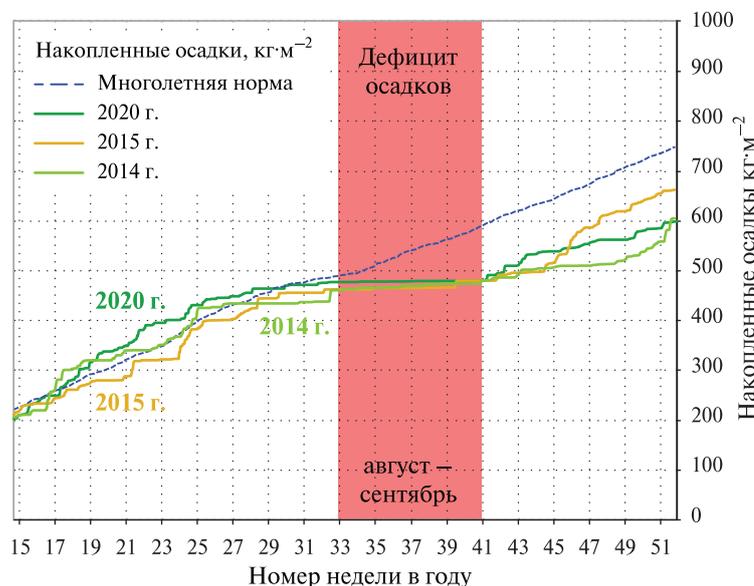


Рис. 2. Озимые культуры (обозначены розовым цветом), детектированные по спутниковым данным: а — в октябре 2020 г.; б — в декабре 2020 г.

Для того чтобы оценить погодные условия, в которых оказались озимые культуры в зимний период 2020/2021 гг., необходимо правильно подобрать годы-аналоги. Ситуация со столь продолжительной и охватывающей значительные территории осенней засухой случается достаточно редко. Тем не менее в сезоны 2014/2015 и 2015/2016 гг. наблюдались похожие проблемы со всхожестью озимых посевов. Для каждого из сезонов был характерен продолжительный засушливый период в конце лета — начале осени, на ранних стадиях развития озимых

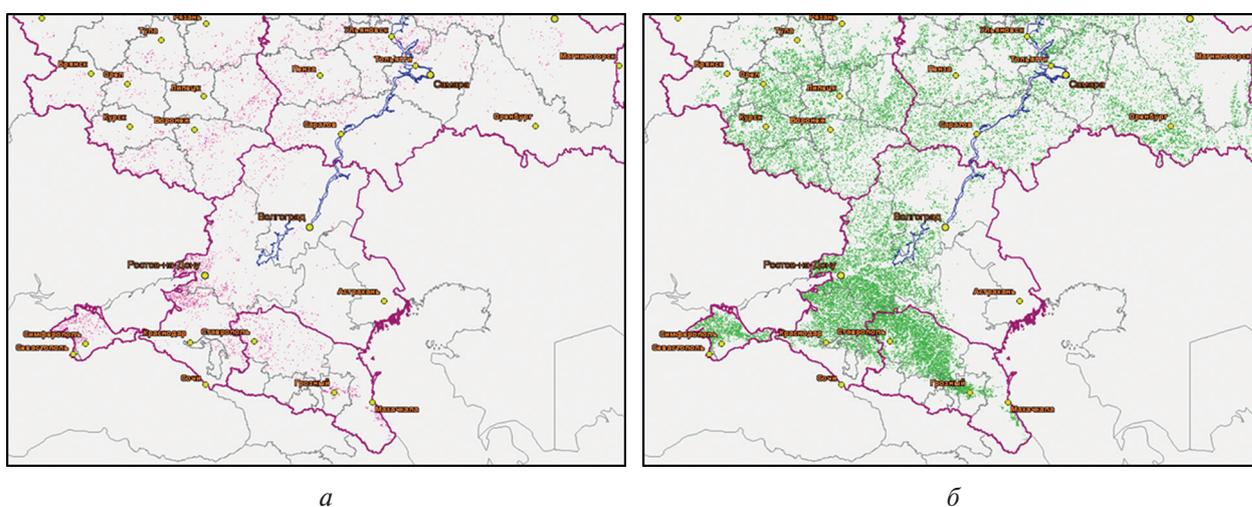
культур. Это говорит о том, что к началу 2015, 2016 и 2021 гг. погодные условия для посевов были схожими.

Графики на *рис. 3* показывают накопленные осадки в 2014, 2015 и 2020 гг. и их среднюю многолетнюю динамику на примере Воронежской обл. Для каждого из указанных годов в августе и сентябре отсутствует какой-либо значимый рост этого показателя, что говорит об отсутствии осадков и, как следствие, о почвенной засухе.



*Рис. 3.* Сезонный ход накопленных осадков в Воронежской обл. по данным многолетних наблюдений и для годов, в которых наблюдалась продолжительная осенняя засуха. Розовыми прямоугольниками выделены периоды длительного отсутствия осадков

Схожесть указанных сезонов подтверждается и картами озимых культур, детектируемых по данным дистанционного зондирования. На *рис. 4а* (см. с. 167) показана подобная карта, составленная на осень 2014 г. Очевидно, что состояние озимых культур осенью этого года также намного хуже уровня 2019 г. (см. *рис. 2а*). Тем не менее летом 2015 г. (*рис. 4б*) озимые культуры взошли и успешно развились практически повсеместно, а их гибели не наблюдалось.



*Рис. 4.* Озимые культуры, детектированные по спутниковым данным: *а* — осенью 2014 г. (обозначены розовым цветом); *б* — летом 2015 г. (обозначены зелёным цветом)

Важным фактором успешного развития озимых культур в весенний период является обеспеченность почвы влагой, которая достигается благодаря осадкам, накопленным в том числе в виде снега. В 2015 г. их объём на территории европейской России в целом был немного ниже, чем в 2021 г., и намного ниже, чем в 2016 г. В текущем году дефицит осадков наблюдается только в Республике Дагестан, Республике Калмыкии, Ставропольском крае, частично на территории Краснодарского края и Ростовской обл. (рис. 5). Вследствие этого ситуация с развитием озимых культур в указанных регионах вызывает наибольшие опасения.

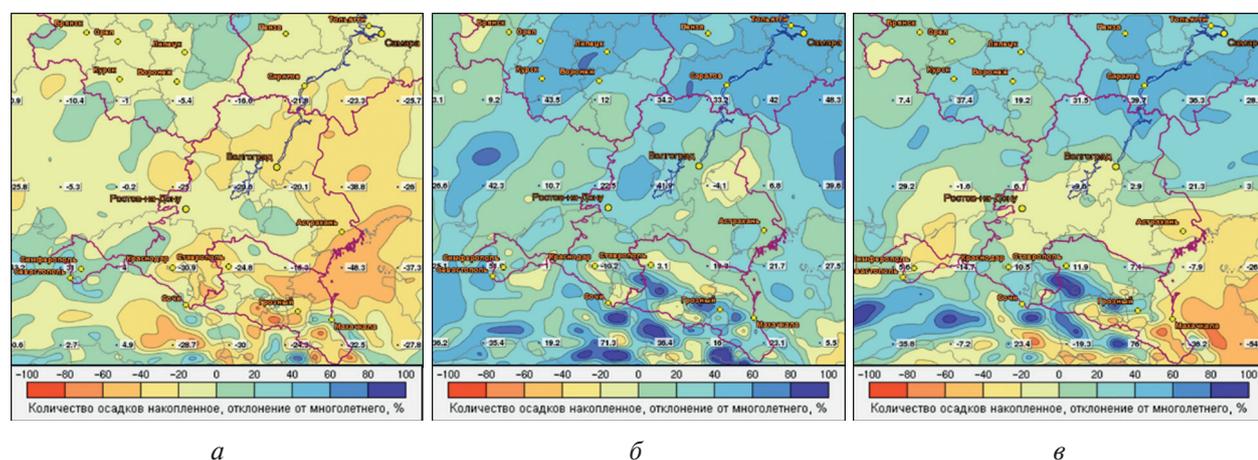


Рис. 5. Накопленные осадки за месяц по состоянию: а — на 01.03.2015; б — 01.03.2016; в — 01.03.2021

Оценим, как ситуация с обеспеченностью осадками в зимнее время года связана с итоговой урожайностью. Для этого приведём урожайность пшеницы озимой в 2014/2015 и 2015/2016 гг. регионов, в которых доля этой культуры в севообороте традиционно высока. Оценим отклонения урожайности (<https://fedstat.ru/>) от её средних значений за десятилетний период наблюдений (таблица).

Таблица. Урожайность пшеницы озимой для годов, в которых наблюдалась продолжительная осенняя засуха (<https://fedstat.ru/>)

Регион	Урожайность пшеницы озимой, ц/га (отклонение от средних значений, %, 2010/2019 гг.)*		Отклонение, %
	Сезон 2014/2015 гг.	Сезон 2015/2016 гг.	
Краснодарский край	57,6 (4,4)	58,6 (6,1)	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="background-color: #90EE90; width: 20px; height: 10px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="background-color: #90EE90; width: 20px; height: 10px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="background-color: #D3D3D3; width: 20px; height: 10px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="background-color: #FFD700; width: 20px; height: 10px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="background-color: #FFA07A; width: 20px; height: 10px; margin-bottom: 2px;"></div> </div>
Республика Адыгея	49,2 (12,7)	51,4 (16,4)	
Ставропольский край	39,5 (7,3)	42,8 (14,5)	
Ростовская обл.	33,4 (2,6)	32,5 (-0,1)	
Волгоградская обл.	21,0 (-8,6)	30,2 (24,5)	
Республика Калмыкия	20,9 (-0,2)	27,9 (24,9)	
Воронежская обл.	29,1 (-9,6)	37,4 (14,7)	
Белгородская обл.	37,9 (-7,1)	45,1 (10,0)	
Курская обл.	31,6 (-22,1)	41,4 (6,8)	
Липецкая обл.	25,2 (-35,4)	40,4 (15,6)	
Орловская обл.	29,6 (-21,4)	37,6 (4,5)	
Тульская обл.	28,4 (-7,2)	34,3 (11,2)	
Республика Мордовия	21,9 (-7,7)	30,0 (21,4)	
Пензенская обл.	21,0 (-15,1)	33,9 (28,7)	

\* По данным государственной статистики (<https://fedstat.ru/>).

Обратим внимание, что в южных регионах европейской части России, таких как Краснодарский край, Республика Адыгея, Ставропольский край, Ростовская обл., в указанные годы урожайность пшеницы озимой имела в основном положительные отклонения от средних многолетних показателей, в то время как для более северных регионов, расположенных в Центральном и Приволжском федеральных округах, урожай 2015 г. имеет отрицательные отклонения от многолетнего показателя урожайности, а урожай 2016 г. — положительные. Это указывает на тот факт, что в регионах, для которых традиционно устанавливается более устойчивый снежный покров, зимние осадки при наличии продолжительной осенней засухи имеют существенное влияние на формирование итоговой урожайности.

Рассмотрим ситуацию текущего года на примере графиков накопленных осадков в начале 2021 г. на территории Центрального и Приволжского федеральных округов. Ситуация с осадками в первые недели 2021 г. соответствовала средним многолетним показателям. Начиная со второй половины января объём осадков имеет заметную положительную динамику, что делает метеорологическую ситуацию более похожей на ту, которая наблюдалась в зимний период 2015/2016 гг. (рис. 6). Таким образом, можно предположить, что для территорий с устойчивым снежным покровом условия для формирования урожая текущего года являются благоприятными.

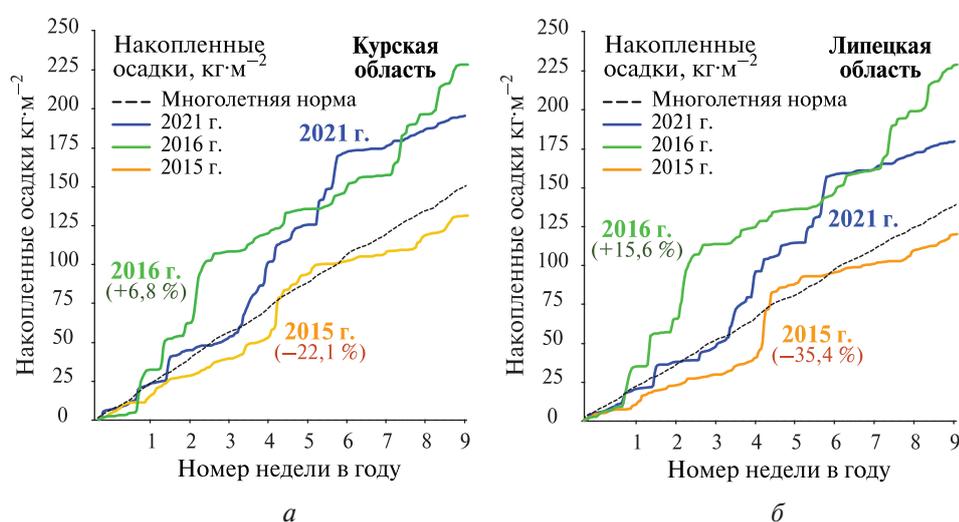


Рис. 6. Ход накопленных осадков в начале года по данным многолетних наблюдений и для сезонов, в которых наблюдалась продолжительная осенняя засуха: а — для Курской обл.; б — для Липецкой обл. В скобках указывается отклонение урожайности указанного года от среднего многолетнего показателя

В более южных регионах России ситуация менее однозначная, так как урожайность в данных регионах не имеет установленной зависимости от количества зимних осадков. Тем не менее условия текущей зимы позволили сдвинуть границу продолжительного снежного покрова в феврале — марте значительно южнее на территории Ростовской обл., Краснодарского и Ставропольского краёв. Это уберегло посевы от периодов с пониженными температурами. Также в конце января — начале февраля по данным дистанционного мониторинга был отмечен рост и развитие озимых культур для районов, у которых в ноябре — начале декабря 2020 г. наблюдалось отсутствие всходов. Это характерно, например, для территории Ставропольского края (рис. 7, см. с. 170).

В целом можно сказать, что для европейской части России погодные условия зимы 2020/2021 гг. оказались благоприятными для озимых культур и их дальнейшего активного развития в весенне-летний период. Обильные осадки в виде снега защитили землю от периодов с пониженными температурами, а также обеспечили необходимой влагой. Тем не менее осенняя засуха не могла не уменьшить потенциал урожайности озимых культур, что негативно скажется на их продуктивности. Данные выводы были сделаны в Институте космических

исследований РАН ещё в конце января 2021 г. и опубликованы в виде специального бюллетеня ([http://pro-vega.ru/press/2021\\_02\\_08\\_wincrops.pdf](http://pro-vega.ru/press/2021_02_08_wincrops.pdf)).

Также мониторинг состояния озимых культур позволил сделать следующие выводы:

1. Наиболее слабое развитие озимых культур по состоянию на декабрь 2020 г. наблюдалось на территории Северо-Кавказского федерального округа, Республики Калмыкии, Ростовской, Воронежской, Белгородской, Курской, Липецкой и Тамбовской областей. Наименее опасная ситуация с риском гибели озимых культур сложилась на территории Приволжского федерального округа.
2. На территории Республики Дагестан, Республики Калмыкии, Ставропольского края, частично Краснодарского края и Ростовской обл. за первые месяцы 2021 г. выпадало меньшее количество осадков, чем в остальных регионах, что делает их более уязвимыми для возможной засухи в весенний период.
3. Для территорий с устойчивым снежным покровом текущая ситуация с развитием озимых культур наиболее приближена к ситуации сезона 2015/2016 гг.
4. Благодаря благоприятным зимним условиям в 2021 г. детектируются всходы озимых культур, которые не были обнаружены в ноябре – декабре 2020 г.



Рис. 7. Развитие посевов озимых культур в Изобильненском районе Ставропольского края. Изображения Sentinel-2: *а* — 28.11.2020; *б* — 01.02.2021

Данные выводы достаточно хорошо согласуются с оценками состояния озимых культур, которые предоставляет ФГБУ «Гидрометцентр России», что подтверждает их правильность (<https://www.agroinvestor.ru/analytics/news/35382-dolya-plokhikh-i-nevzoshedshikh-ozimyykh-umenshilas/>).

Для анализа спутниковых данных при подготовке сообщения использовалась возможность Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2019). Работа выполнена в рамках темы «Мониторинг» (госрегистрация № 01.20.0.2.00164).

## 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., Барталев С. А., Крашенинникова Ю. С., Плотников Д. Е., Толпин В. А. Аномальное развитие яровых культур в регионах европейской части России в 2017 году // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 3. С. 324–329. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-3-324-329.
3. Лупян Е. А., Барталев С. А., Крашенинникова Ю. С., Плотников Д. Е., Толпин В. А., Уваров И. А. Анализ развития озимых культур в южных регионах европейской части России весной 2018 года на основе данных дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 2. С. 272–276. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-15-2-272-276.
4. 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. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
5. Лупян Е. А., Денисов П. В., Серeda И. И., Трошко К. А., Плотников Д. Е., Толпин В. А. (2020а) Наблюдение развития озимых культур в южных регионах России весной 2020 г. на основе данных дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 2. С. 285–291. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-2-285-291.
6. Лупян Е. А., Денисов П. В., Серeda И. И., Трошко К. А., Плотников Д. Е., Толпин В. А. (2020б) Уникальные условия развития озимых культур, наблюдаемые по данным спутникового мониторинга на европейской территории России в октябре 2020 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 5. С. 304–310. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-304-310.
7. 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.
8. 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.

## Remote monitoring of winter crops condition in the winter of 2020/2021 in the European territory of Russia

Е. А. Loupian<sup>1</sup>, I. I. Sereda<sup>1</sup>, P. V. Denisov<sup>1,2</sup>,  
K. A. Troshko<sup>1,3</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: evgeny@d902.iki.rssi.ru

<sup>2</sup> Space Research Institute for the Earth, Moscow 121205, Russia  
E-mail: org@iki-z.ru

<sup>3</sup> Institute of Geography RAS, Moscow 119017, Russia  
E-mail: k.a.troshko@igras.ru

In the second half of 2020, a unique situation for winter crops development was observed in the European part of Russia. Extremely unfavorable conditions for their growth developed as a result of the most extensive autumn drought in the XXI century. It was the reason many winter crops have not reached the necessary stages of development. In such a situation, favorable weather conditions in the winter and spring are extremely important for the preservation of the crops. This paper presents the main results of monitoring the winter crops conditions in the winter period 2020–2021. The regions

where the risks of negative development of winter crops are the greatest are identified. The prospects for the yield of winter crops for the harvest of 2021 are shown. It is indicated that, in general, the weather conditions in winter had a positive impact on the development of winter crops in the European part of Russia.

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

Accepted: 08.03.2021

DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-1-165-172

## References

1. 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), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 1, pp. 190–198.
2. Loupian E. A., Bartalev S. A., Krasheninnikova Yu. S., Plotnikov D. E., Tolpin V. A., Anomal'noe razvitiye yarovykh kul'tur v regionakh evropeiskoi chasti Rossii v 2017 godu (Abnormal development of spring crops in European Russia in 2017), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2017, Vol. 14, No. 3, pp. 324–329, DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-3-324-329.
3. Loupian E. A., Bartalev S. A., Krasheninnikova Yu. S., Plotnikov D. E., Tolpin V. A., Uvarov I. A., Analiz razvitiya ozimyykh kul'tur v yuzhnykh regionakh evropeiskoi chasti Rossii vesnoi 2018 goda na osnove dannykh distantsionnogo monitoringa (Analysis of winter crops development in the southern regions of the European part of Russia in spring of 2018 with use of remote monitoring), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2018, Vol. 5, No. 2, pp. 272–276, DOI: 10.21046/2070-7401-2019-15-2-272-276.
4. 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., Opyt ekspluatatsii i razvitiya tsentra kollektivnogo pol'zovaniya sistemami arkhivatsii, obrabotki i analiza sputnikovyykh 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), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 3, pp. 151–170, DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
5. Loupian E. A., Denisov P. V., Sereda I. I., Troshko K. A., Plotnikov D. E., Tolpin V. A. (2020a), Nablyudeniye razvitiya ozimyykh kul'tur v yuzhnykh regionakh Rossii vesnoi 2020 g. na osnove dannykh distantsionnogo monitoringa, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2020, Vol. 17, No. 2, pp. 285–291, DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-2-285-291.
6. Loupian E. A., Denisov P. V., Sereda I. I., Troshko K. A., Plotnikov D. E., Tolpin V. A. (2020b), Unikal'nye usloviya razvitiya ozimyykh kul'tur, nablyudaemye po dannykh sputnikovogo monitoringa na evropeiskoi territorii Rossii v oktyabre 2020 g., *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* (The unique situation of winter crops development observed from remote sensing data in the European territory of Russia in October 2020), 2020, Vol. 17, No. 5, pp. 304–310, DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-304-310.
7. Plotnikov D. E., Bartalev S. A., Loupian E. A., Metod detektirovaniya letne-osennikh vskhodov ozimyykh kul'tur po dannykh radiometra MODIS, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2008, Vol. 5, No. 2, pp. 322–330.
8. 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.