

Я. А. Филина¹, Е. А. Дунаева², П. В. Денисов³

¹Младший научный сотрудник, ФГБУН «НИИСХ Крыма», Симферополь,
Республика Крым, Россия

²Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН «НИИСХ Крыма»,
Симферополь, Республика Крым, Россия

³Институт космических исследований РАН, Москва, Россия
e-mail: mrs.filina@gmail.com, water_crimea@hotmail.com

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПО РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ С ПОМОЩЬЮ СЕРВИСА ВЕГА

Аннотация. В работе представлены результаты дистанционной оценки состояния озимых зерновых культур степной зоны Республики Крым на 20-ю неделю 2017–2022 гг. с использованием сервиса «ВЕГА-Science» (<http://sci-vega.ru/>) и прямых измерений, полученных прибором *Trimble GreenSeeker Handheld*. Отмечается, что в сезоны 2017/18 и 2019/20 гг. на 20-ю неделю состояние зерновых находилось в угнетённом состоянии (по значению индекса *NDVI*) и было ниже среднегодовой нормы *NDVI* на 5–15 %, а некоторых районах снижалось до 25 %. В сезоны 2017/18, 2019/19 и 2021/22 гг. наблюдалось нормальное развитие растений. Сопоставлены значения *NDVI* за период 2019–2022 гг., полученные по данным спутника *Sentinel-2/MSI* (сервис «ВЕГА-Science») с результатами *NDVI* датчика *Trimble GreenSeeker Handheld* (коэффициент корреляции 0,71). Результаты исследований показали, что в Республике Крым условия для развития озимых зерновых в период 2017–2022 гг. были различными. Отмечено, что существуют риски неблагоприятного развития озимых культур из-за дефицита осадков и нехватки запасов продуктивной влаги в почве, а также обильного выпадения осадков в период формирования и созревания колоса.

Ключевые слова: дистанционный мониторинг, сервис «ВЕГА-Science», нормализованный относительный индекс растительности, озимые зерновые.

Введение. Земли сельскохозяйственного назначения в Республике Крым (по данным [1] на 01.07.2016) занимают 1,15 млн га, из них сельхозугодий – 1,11 млн га, пашни – 0,88 млн га. Регион обладает благоприятными агроклиматическими условиями для возделывания зерновых и зернобобовых культур. В зерновом балансе региона значительный вес принадлежит озимым зерновым культурам, которые дают порядка 83–89 % валового сбора зерна, производимого в республике.

Целью данного исследования является возможность оценки состояния озимых культур степной зоны Республики Крым с использованием спутникового сервиса «ВЕГА-Science» [2] и наземных данных, полученных прибором *Trimble GreenSeeker Handheld* [3].

Материалы и методы. Для оценки состояния растительности использовали индекс *NDVI*, полученный из сервиса «ВЕГА-Science» (спутниковые снимки *Sentinel-2/MSI*) и измеренные данные *Trimble GreenSeeker Handheld*.

В Республике Крым озимые культуры характеризуются появлением всходов в осенний период и ранней вегетацией в весенний период, что позволяет отделять их от посевов остальных культур (рис. 1).



Рис. 1. Определение озимых культур на примере Клепининского сельского поселения Красногвардейского района по данным *Sentinel-2/MSI* композитное изображение за май 2021 г. (а–в) и 2022 г. (г–е): слева – естественный синтез, по центру – маска культур (коричневый, розовый и светло-зелёный цвет – озимые культуры), справа – индекс *NDVI*

Оценка состояния озимых культур за период 2017–2022 гг. проведена на 20-ю неделю с использованием индекса *NDVI* для степной зоны Республики Крым. Измерения *Trimble GreenSeeker Handheld* проводились с марта по июнь в 2019–2022 гг.

Результаты. Исследования показали, что в Республике Крым наибольшие площади угнетённого состояния озимых зерновых в весенний период (20-я неделя) наблюдались в 2018 и 2020 гг. На рис. 2 представлена карта отклонения *NDVI* от среднееголетней нормы (далее – нормы) для озимых культур. Таким образом, за 2018 г. (рис. 2, б) в Черноморском районе отклонение *NDVI* от нормы для озимых культур было минимально, для большинства территории республики отклонение ниже нормы на 5–15 %, в Красногвардейском районе – достигало до –25 %. В 2020 г. данные культуры находились в нормальном состоянии (рис. 2, г): большая часть территории находилась в пределах нормы, Джанкойский и Кировский районы отклонение от нормы составило от –5 до –15 %. Нормальное развитие растений наблюдалось в 2017, 2019 и 2021 гг. – превышение отклонения *NDVI* от нормы составило 5–15 % и аномальное – 15–25 % в 2022 г.

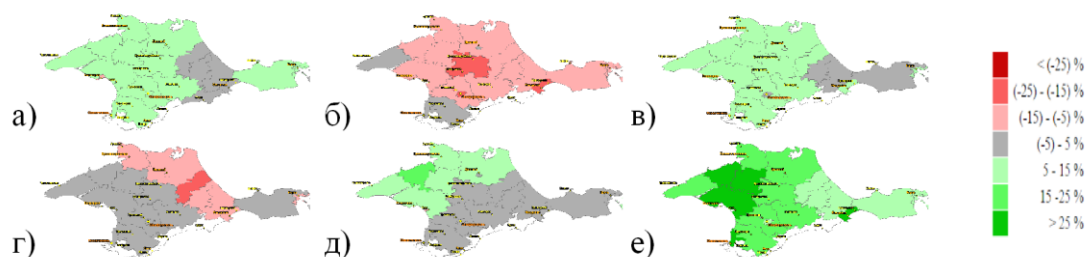


Рис. 2. Карта отклонения *NDVI* от нормы для озимых культур на 20 неделю: а – 2017 г.; б – 2018 г.; в – 2019 г.; г – 2020 г.; д – 2021 г.; е – 2022 г.

В сезоны 2017/18 и 2019/20 гг. наблюдались минимальные осадки как осенью, так и зимой, что привело к замедлению появления всходов,

а также к весеннему дефициту запасов продуктивной влаги в почве, необходимого для дальнейшего развития озимых (по данным сервиса «ВЕГА-Science»). На территории Красногвардейского муниципального района в с. Клепинино установлена автоматизированная метеостанция *Meteobot®Pro*, и на рис. 3 приведена динамика температуры воздуха и осадков за период 2020–2022 гг. Благоприятные условия для получения максимальных урожаев наблюдались в сезон 2021/22 гг., поскольку конец 2021 г. и начало 2022 г. характеризовались значительным количеством осадков. Однако, выпавшие осадки во второй половине июня затрудняют проведение уборки, при сохранении такой тенденции может увеличиться засорённость посевов и снизиться урожайность.

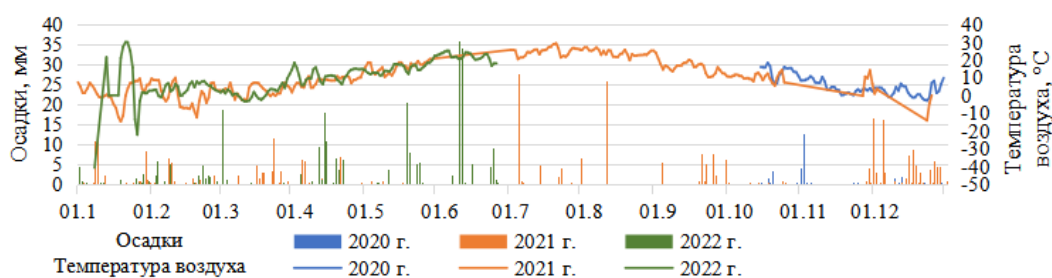


Рис. 3. Динамика температуры воздуха и осадков (метеостанция Клепинино)

На рис. 4 проведена идентификация озимых культур по данным «ВЕГА-Science». Ранее по картам озимых культур за 2018 г. и 2019 г. некоторые культуры были ошибочно распознаны как озимые. Для улучшения идентификации проведено усовершенствование метода [4].

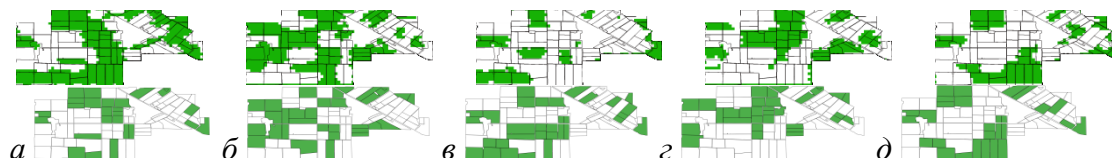


Рис. 4. Карта идентификации озимых по «ВЕГА-Science» (сверху) и данным ФГБУН «НИИСХ Крыма» (снизу) за*: а – 2018 г.; б – 2019 г.; в – 2020 г.; г – 2021 г.; д – 2022 г. *в «ВЕГА-Science» данные за 2017 г. отсутствуют.

Также были сопоставлены значения *NDVI* за период 2019–2022 гг., полученные по данным спутника *Sentinel-2/MSI* (сервис «ВЕГА-Science») с результатами *NDVI* датчика *Trimble GreenSeeker Handheld* (табл.).

Таблица
Значения *NDVI* озимых культур по данным спутника *Sentinel-2/MSI* (сервис «ВЕГА-Science») и *Trimble GreenSeeker Handheld* за 2019–2022 гг.

Год	<i>Sentinel-2/Trimble GreenSeeker Handheld</i>				
	Неделя				
	16	17	19	20	23
2019		0,58/0,57			
2020			0,41/0,44		0,44/0,34
2021	0,59/0,52				
2022 г.				0,72/0,72	0,58/0,73

Установлено, что для озимых культур значения *NDVI* могут отличаться на величину от 0,01 до 0,15. Коэффициент корреляции за период 2019–2022 гг. составил 0,71.

Выводы. Результаты исследований показали, что в Республике Крым условия для развития озимых зерновых в период 2017–2022 гг. были различными. Существуют риски неблагоприятного развития озимых культур из-за дефицита осадков и нехватки запасов продуктивной влаги в почве, а также из-за обильного выпадения осадков в период формирования и созревания колоса.

Список литературы

1. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года на территории Республики Крым. Земельные ресурсы и их использование. Крымстат-Симферополь. 2018. Т. 3. С. 8–9. URL: <https://crimea.gks.ru> (дата обращения: 03.06.2022).
2. Лупян Е. А., Савин И. Ю., Барталев С. А. и др. Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности («Вега») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 1. С. 190–198.
3. Дунаева Е. А. Оценка уровня варьирования биопродуктивности посевов // Региональные проблемы дистанционного зондирования земли. 2020. С. 203–206.
4. Плотников Д. Е., Ёлкина Е. С., Дунаева Е. А. и др. Развитие метода автоматического распознавания озимых культур на основе спутниковых данных для оценки их состояния на территории Республики Крым // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 1(21). С. 64–82.

Ya. A. Filina¹, Ie. A. Dunaieva¹, P. V. Denisov²

¹FSBSI «RIA of Crimea», Simferopol, Crimea, Russia

²Space Research Institute RAS, Moscow, Russia

e-mail: mrs.filina@gmail.com, water_crimea@hotmail.com

ASSESSMENT OF THE STATE OF WINTER GRAIN CROPS IN THE REPUBLIC OF CRIMEA USING THE VEGA SERVICE

The paper presents the results of remote assessment of the state of winter crops in the steppe zone of the Republic of Crimea for the 20th week of 2017–2022 using the VEGA-Science (<http://sci-vega.ru/>) and direct measurements obtained with the Trimble GreenSeeker Handheld. It is noted that the state of cereals in the seasons 2017/18 and 2019/20 on the 20th week was in a depressed state (according to the NDVI) and was below the average long-term NDVI norm by 5–15%, and in some areas it decreased to 25%. For the 2017/18, 2019/19 and 2021/22 seasons normal development of plants was observed. The NDVI values for the period 2019–2022 obtained from the Sentinel-2/MSI satellite data (VEGA-Science) are compared with the results of the Trimble GreenSeeker Handheld NDVI sensor (the correlation coefficient 0.71). The results of the research showed that the conditions for the development of winter crops in the period 2017–2022 in the Republic of Crimea were different. It was noted that there are risks of unfavorable development of winter crops due to a lack of precipitation and a lack of productive moisture reserves in the soil, as well as abundant precipitation during the formation and maturation of an ear.

Keywords: remote monitoring, "VEGA-Science", normalized difference vegetation index, winter crops.