

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**  
*TECHNICAL SCIENCES*

УДК 631.6:556.1:528.8

Паштецкий В.С., Дунаева Е.А.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ СЕРВИСОВ ДЛЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА**

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

e-mail: water\_crimea@hotmail.com

***Аннотация.** В работе проведен анализ возможностей спутникового сервиса для целей сельскохозяйственного мониторинга и обозначены существующие наработки в данном направлении. Актуальность исследований обусловлена необходимостью переориентации АПК Крыма на богарное земледелие и повышением эффективности использования существующих природных ресурсов. В статье представлен краткий обзор технических возможностей системы BEGA-Science (Институт космических исследований РАН) по мониторингу состояния сельскохозяйственных культур, доступа к оперативным данным и варианты визуализации пространственно-распределенной информации. Проведенный анализ площадей озимых по данным ДЗЗ (BEGA-Science, озимые культуры 2016-2017 гг., 12.05.2017) и статистическим данным (информация районных управлений сельского хозяйства Крыма) показал необходимость проведения детальной оценки по каждому району для уточнения локализации площадей озимых культур по территории региона и необходимости внесения оперативных данных истории полей в систему мониторинга. Применение спутникового сервиса позволяет провести оценку динамики состояния сельскохозяйственной культуры на конкретном поле во взаимосвязи с изменением метеорологических параметров. Степень связи между параметрами осадки / NDVI не существенна –  $r=0,18$ ; сильная зависимость ( $r = 0,97$ ) наблюдается между температурой воздуха и NDVI объекта, в слабой степени проявлялись связи между NDVI и гидротермическим коэффициентом, и влажность почвы в слое 0-10 см / NDVI;  $r=0,19$  и  $r=0,09$  соответственно. Наличие доступа в системе BEGA-Science к ежедневно обновляемым метеорологическим данным с архивом с 2000 года, и возможность их визуализации по предварительно картографированной территории с соответствующей информацией по культурам, создает базис для проведения мониторинга и анализа развития сельскохозяйственных культур в богарных условиях на территории Республики Крым. Цель исследований – оценить потенциал спутниковых сервисов для решения задач сельскохозяйственного мониторинга.*

***Ключевые слова:** BEGA-Science, ГИС, ДЗЗ, ИКИ РАН, сельскохозяйственный мониторинг, сельскохозяйственная культура.*

**Введение**

Одна из задач АПК Крыма – переориентация на богарные условия, что, в свою очередь, требует от сельхозпроизводителей перехода к более засухоустойчивым сортам и гибридам.

Данные спутникового мониторинга позволяют контролировать процессы на большой территории, включая, например, использование интенсивных посевов одной культуры на большой площади. Принимая во внимание, что в большинстве регионов Российской Федерации продолжается снижение плодородия почв, ухудшается состояние сельскохозяйственных земель, а почвенный покров

подвержен деградации и теряет устойчивость к разрушению и способность к восстановлению свойств и воспроизводству плодородия, Правительством РФ распоряжением от 30 июля 2010 г. № 1292-р утверждена Концепция развития государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и земель, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, и формирования государственных информационных ресурсов об этих землях на период до 2020 года [1]. При этом спутниковый/космический мониторинг в Концепции рассматривается как неотъемлемый элемент данной системы.

Государственной программой в рамках создания системы информационного обеспечения в сфере сельского хозяйства предусмотрено дальнейшее развитие создаваемой Министерством сельского хозяйства РФ системы дистанционного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения с учетом перехода на отечественное оборудование дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Научно-методическое сопровождение государственного мониторинга сельскохозяйственных земель осуществляет Министерство сельского хозяйства РФ при участии организаций РАН. Значительные наработки в данном направлении осуществил Краснодарский и Ставропольский край (например, аналитическая система «Единый центр дистанционного спутникового мониторинга Краснодарского края» разработанная Минсельхозом региона при участии Минсельхоза России, ученых Кубанского государственного агроуниверситета и Института космических исследований РАН, предназначенная для повышения эффективности сельского хозяйства региона, инвентаризации и паспортизации объектов сельхозпроизводства, контроля использования земельных ресурсов, соблюдения севооборотов и сохранения плодородия почв).

**Цель исследований** – оценить потенциал спутниковых сервисов для решения задач сельскохозяйственного мониторинга.

#### **Материалы и методы**

Для оценки применения спутниковых сервисов проведены исследования потенциала системы «ВЕГА» (ИКИ РАН) [2] для использования в работах по мониторингу сельскохозяйственных угодий, объектов лесомелиорации и других пространственных объектов и явлений.

ВЕГА – это взб-ориентированный сервис для анализа состояния растительности и ее оперативного мониторинга, основанный на спутниковых технологиях. В основе сервиса лежат архивы данных о состоянии растительности, полученные на основе спутников различного пространственного разрешения. По территории РФ в сервисе ВЕГА имеются оперативные данные, которые обновляются ежедневно и архивные данные, начиная с 2000 года. Сервис имеет различную детализацию параметров от уровня страны в целом, отдельного региона до данных о состоянии полей на уровне хозяйства [2].

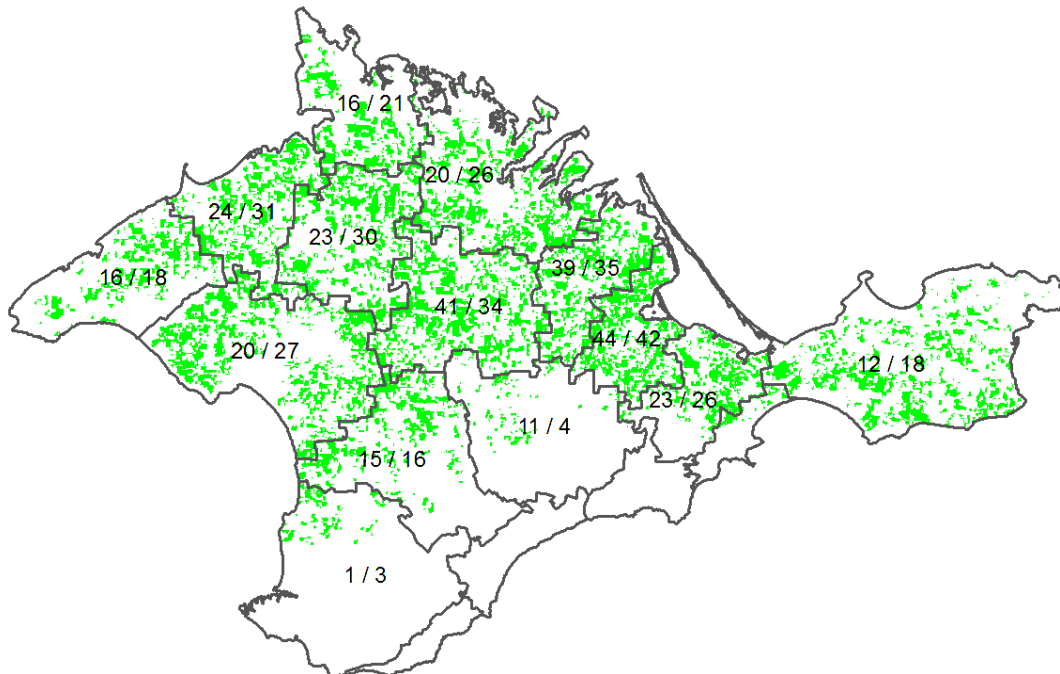
В данной работе использованы возможности ВЕГА-Science, открытого программного обеспечения QGIS 2.18, спутниковых снимков L8 OLI/TIRS, (пространственное разрешение 30 м) спутника Landsat 8 (Level 1 GEOTIFF Data Product).

В качестве исходных материалов использованы данные границ административных районов в формате \*.shp и \*.kml, оцифрованные и откорректированные границы полей земель ФГБУН «НИИСХ Крыма», созданные в программе GoogleEarth в формате \*.kml, перекодированные в формат \*.shp с использованием QGIS 2.18, и загруженные в систему ВЕГА-Science. В работе

использованы технологии позиционирования GPS и ГЛОНАСС с целью уточнения привязки слоев информации.

### Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 представлена оценка доли посевов озимых культур в общей площади района, проведенная на основе статистических данных (числитель) и данных ДЗЗ (знаменатель).



**Рисунок 1 – Сравнение площади озимых культур 2016-2017 гг. вегетации**

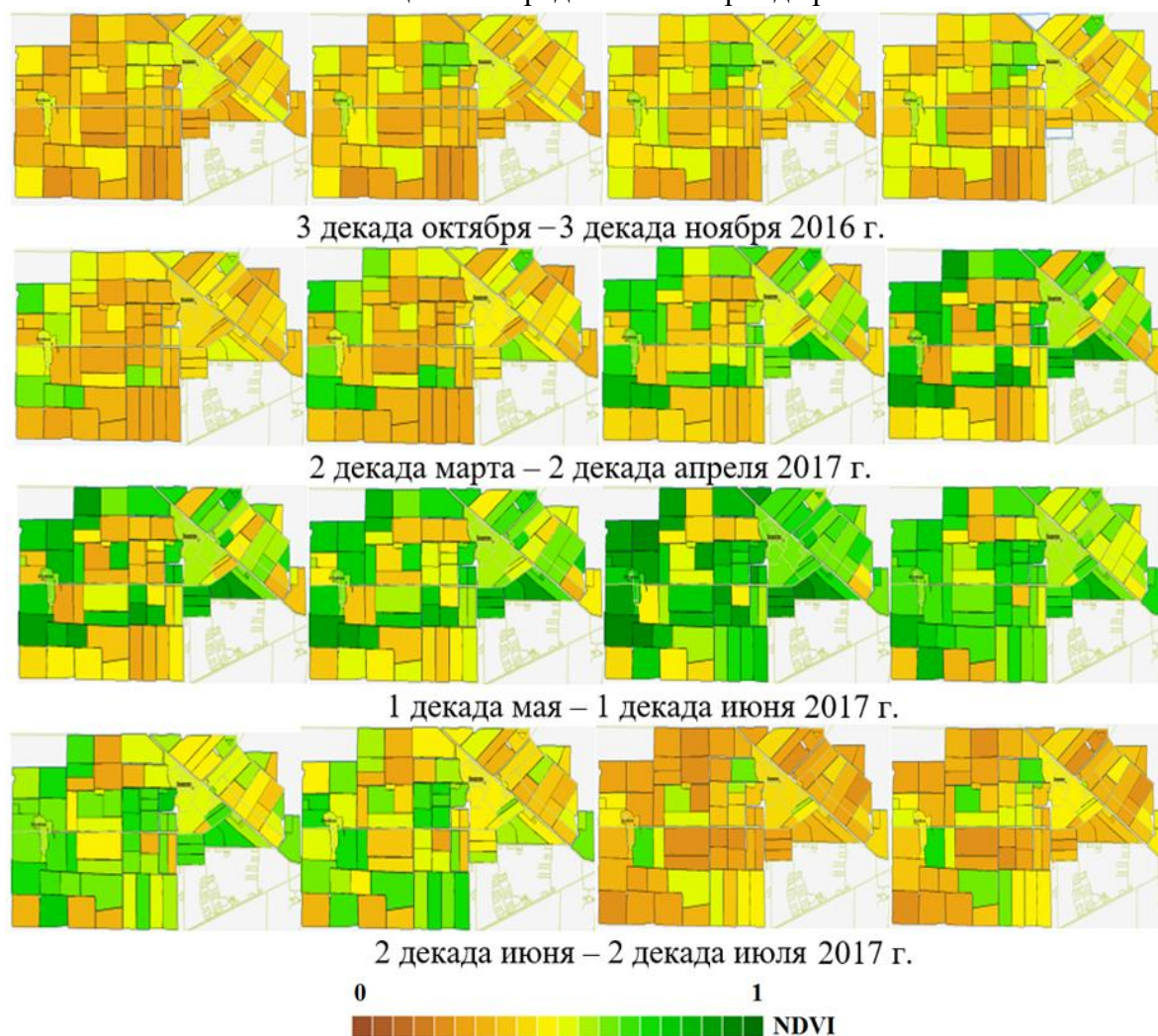
Проведенный анализ сравнения площадей озимых по данным ДЗЗ (ВЕГА-Science, озимые культуры 2016-2017 гг., результат анализа на 12.05.2017) и статистическим данным, поданных районными управлениями сельского хозяйства Крыма [3], показал необходимость проведения детальной оценки по каждому району для уточнения локализации площадей озимых культур по территории региона. Внесение данных по структуре полей и проведение верификации данных с детальными данными по хозяйствам позволят более точно проводить мониторинг и оценку состояния, избежать ошибок при анализе, вызванных как алгоритмом определения уникальных идентификаторов культур, так и статистическими данными сельхозпроизводителей. Система спутникового мониторинга «ВЕГА» позволяет оценить состояние вегетации по нормализованному дифференцированному вегетационному индексу (NDVI). Данный индекс является количественным показателем фотосинтетически-активной биомассы, широко используемым для оценки состояния вегетационного покрова [4], и определяется как соотношение:

$$NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_{RED}) / (\rho_{NIR} + \rho_{RED}),$$

где RED и NIR – значения соответствующих пикселей на изображениях, полученных в видимой (красной) и ближней инфракрасной областях спектра.

На рисунке 2 приведена динамика состояния культур по индексу NDVI на полях ФГБУН «НИИСХ Крыма», проведенная с использованием сервиса ВЕГА-Science.

Значения индекса NDVI изменяются от 0.0 (оголенная почва) до  $\pm 0.9$  (густой растительный покров). На практике NDVI наиболее часто употребляется для мониторинга сельскохозяйственной засухи [5]. Данный вегетационный индекс показывает состояние вегетации на определенный период времени.

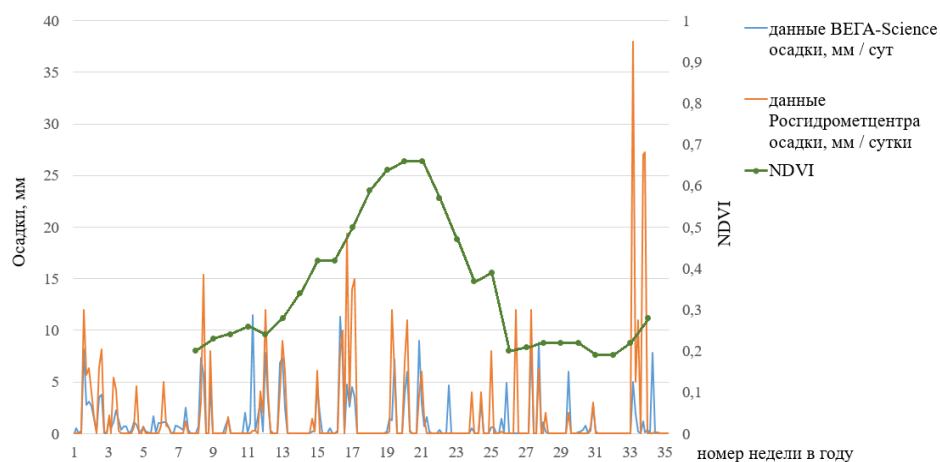


**Рисунок 2 – Динамика индекса NDVI (данные сервиса BEGA-Science)**

Интенсивный зеленый цвет свидетельствует о высоком уровне биопродуктивности (нормальном состоянии вегетации), переход от зеленого к оранжевому и желтому – о низком уровне биомассы на поле или ее отсутствии. Преимуществом использования «ВЕГА» является наличие данных дистанционного зондирования по нескольким спутникам различного пространственного разрешения (от 250 до 10 м), что позволяет проводить оценку непрерывно и с минимальной ошибкой.

Использование спутникового сервиса позволяет провести оценку показателя развития сельскохозяйственной культуры на конкретном поле во взаимосвязи с изменением метеорологических параметров (рисунок 3). Наличие более детальной пространственной информации о распределении метеорологических параметров является важным, так как статистическая информация Гидрометцентра России доступна по точкам расположения метеорологических станций (в среднем одна станция на район) и предоставляется пользователям на договорных условиях.

На рисунке 3 представлена динамика осадков по конкретному полю (контур № 27, координаты точки: 45.5106° с.ш., 34.1419° в.д.) по данным ДЗЗ с использованием сервиса ВЕГА-Science (архивы метеоданных в формате NCEP [6]) и данным по метеостанции Клепинино (Красногвардейский район).



**Рисунок 3 – Динамика осадков и NDVI Красногвардейский район (январь – август 2017 г.) по полю**

Как видно из графика, значение метеопараметров в конкретной точке может существенно отличаться по данным ДЗЗ и Росгидромета, например, осадки – по срокам выпадения и сумме. Это связано с возможностью инструментов спутниковой съемки отображать пространственное распределение метеопараметров по территории, в отличие от точечных данных и их интерполяции.

Анализ динамики осадков по данным ДЗЗ с индексом NDVI позволяет определить степень влияния количества выпавших осадков на формирование биомассы на конкретном поле. Степень связи между параметрами осадки/NDVI по полю не существенна – коэффициент корреляции ( $r$ ) составляет 0,18. Сильная зависимость ( $k=0,97$ ) отмечена между температурой воздуха и NDVI объекта (сумма нарастающим итогом за вегетационный период). В слабой степени проявились связи между NDVI (уровень биомассы) / гидротермический коэффициент, ГТК (определен по данным сервиса ВЕГА), и влажность почвы в слое 0-10 см / NDVI (по данным ДЗЗ);  $k=0,19$  и  $k=0,09$  соответственно.

Наличие в сервисе ВЕГА доступа к дополнительным пространственно-распределенным метеорологическим данным, в т.ч. с 2000 г. по настоящее время, возможность их визуализации по предварительно картографированной территории с соответствующей информацией по сельскохозяйственным культурам, создает базис для проведения сельскохозяйственного мониторинга.

### Выводы

Разработка системы спутникового мониторинга земель сельскохозяйственного назначения Крыма является насущной и актуальной задачей для применения современных информационных технологий в повышении эффективности сельского хозяйства. Вместе с тем, более активное применение в решении данной задачи федеральных и региональных исследовательских центров, работающих над проблематикой данного класса, позволит полнее учесть специфику региона, особенно в переходный период, усилить акцент на приоритетных направлениях и уменьшить суммарную стоимость разработки.

Мониторинговые данные сервиса ВЕГА позволяют определить состояние культур, динамику их развития, получить визуализацию пространственного

распределения метеопараметров по территории, и провести оценку биопродуктивности сельскохозяйственных культур по вегетационным индексам. Сервис VEGA-Science может быть рекомендован как один из базовых элементов системы сельскохозяйственного мониторинга и принятия управленческих решений в Республике Крым.

***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 [6].***

### Литература

1. Распоряжение Правительства РФ от 30 июля 2010 г. № 1292-р «О Концепции развития государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и земель, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, и формирования государственных информационных ресурсов об этих землях на период до 2020 года» – [Электронный ресурс] – точка доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2072596/> (дата обращения 30.08.2017 г.)
2. Использование спутникового сервиса VEGA в региональных системах дистанционного мониторинга / Е.А. Лупян, С.А. Барталев, В.А. Толпин [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса – 2014. – Т. 11. – № 3. – С. 215–232.
3. Распоряжение Совета министров республики Крым от 21 февраля 2017 года № 160-р. – [Электронный ресурс] – точка доступа: [http://rk.gov.ru/rus/file/pub/pub\\_329678.pdf](http://rk.gov.ru/rus/file/pub/pub_329678.pdf) (дата обращения 30.08.2017 г.)
4. Bishop, C.R. An evaluation of cross-year crop classification for the state of Kansas using time-series modis 250m vegetation index data [Электронный ресурс] – точка доступа: [http://kuscholarworks.ku.edu/dspace/bitstream/1808/6972/1/Bishop\\_ku\\_0099M\\_10994\\_DATA\\_1.pdf](http://kuscholarworks.ku.edu/dspace/bitstream/1808/6972/1/Bishop_ku_0099M_10994_DATA_1.pdf) (дата обращения 30.08.2017 г.)
5. Дунаева, Е.А. Определение индекса засухи NDDI для территории Крыма средствами дистанционного зондирования Земли и ГИС / Е.А. Дунаева // Сборник трудов VIII международной научной конференции молодых ученых и талантливых студентов: Водные ресурсы, экология и гидрологическая безопасность. – М.: ИВП РАН, 2014. – С. 18–22.
6. Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды / Лупян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А. [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12. – №. 5. – С. 263–284.

### References

1. Order of the Government of the RF of July 30, 2010 No. 1292-r “On the Concept for the Development of State Monitoring of Agricultural Land and Land Used or Provided for Agricultural Management in Other Land Categories, and the Formation of State Information Resources on These Lands for a Period Until 2020” – [Electronic resource] – access point: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2072596/> (reference’s date: 30.08.2017)
2. VEGA satellite service applications in regional remote monitoring systems / E.A. Loupian, S.A. Bartalev, V.A. Tolpin [et al.] // Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa (Current problems in remote sensing of the earth from space), 2014. – Vol. 11 – № 3 – P. 215–232.
3. Order of the Council of Ministers of the Republic of Crimea of February 21, 2017 № 160-r [Electronic resource] – access point: [http://rk.gov.ru/rus/file/pub/pub\\_329678.pdf](http://rk.gov.ru/rus/file/pub/pub_329678.pdf) (reference’s date: 30.08.2017)
4. Bishop, C.R. An evaluation of cross-year crop classification for the state of Kansas using time-series modis 250m vegetation index data. – [Электронный ресурс] – точка доступа: [http://kuscholarworks.ku.edu/dspace/bitstream/1808/6972/1/Bishop\\_ku\\_0099M\\_10994\\_DATA\\_1.pdf](http://kuscholarworks.ku.edu/dspace/bitstream/1808/6972/1/Bishop_ku_0099M_10994_DATA_1.pdf) (circulation date: 30.08.2017 г.)
5. Dunaieva, Ie.A. Determination of the NDDI drought index for the territory of the Crimea by means of Earth remote sensing and GIS / Ie.A. Dunaieva // Proceedings of the VIII International Scientific Conference of Young Scientists and Talented Students: Water Resources, Ecology and Hydrological Safety IVP RAS, 2014. – P. 18–22.

6. IKI center for collective use of satellite data archiving, processing and analysis systems aimed at solving the problems of environmental study and monitoring // E.A. Loupian, A.A. Proshin, M.A. Bourtsev [et al.] // *Sovremennye problemy dstantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* (Current problems in remote sensing of the earth from space). – 2015. – Vol. 12. – № 5. – P. 263–284.

UDC 631.6:556.1:528.8

Pashtetskiy V.S., Dunaieva Ie.A.

### **SATELLITE SERVICE USE FOR AGRICULTURAL MONITORING**

**Summary:** The work analyzes the possibilities of satellite service for the purposes of agricultural monitoring and existing developments in this direction are identified. The relevance of research is conditioned by the need to reorient the Crimean agro-industrial complex to rain-fed agriculture and to increase the efficiency of the use of existing natural resources. The article provides a brief overview of the technical capabilities of the VEGA-Science system (Space Research Institute of the RFn Academy of Sciences) on monitoring the state of crops, access to operational data, and options for visualizing spatially distributed information. The analysis of the areas of winter crops based on remote sensing data (VEGA-Science, winter crops 2016-2017, 12.05.2017) and statistical data (information from the Crimean district agricultural administrations) showed the need for a detailed assessment for each area to clarify the localization of winter crop areas of the region and the need to make operational fields history data in the monitoring system. The application of the satellite service makes it possible to assess the dynamics of the state of the crop in a particular field in correlation with the change in meteorological parameters. The degree of connection between the precipitation parameters / NDVI is not significant –  $r=0,18$ ; a strong dependence ( $r=0,97$ ) is observed between the air temperature and the NDVI, the bonds between NDVI and the hydrothermic coefficient were weakly manifested, and the soil moisture in the 0-10 cm / NDVI;  $r=0,19$  and  $r=0,09$ , respectively. The availability of access to daily updated meteorological data from the VEGA-Science with the archive since 2000, and the possibility of their visualization on a pre-cartographic territory with the corresponding information on crops, creates a basis for monitoring and analysis of the development of crops in rain-fed conditions on the territory of the Republic of Crimea.

**Key words:** *VEGA-Science, GIS, Earth Remote Sensing, Space Research Institute RFn Academy of Sciences (IKI RAN), agricultural monitoring, agricultural crops.*

Паштецкий Владимир Степанович, доктор сельскохозяйственных наук, директор ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: priemnaya@niishk.ru.

Дунаева Елизавета Андреевна, кандидат технических наук, заведующая лабораторией ГИС технологий в сельском хозяйстве, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», 295493, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: dunaeva\_e@niishk.ru.

Pashtetskiy Vladimir Stepanovich, D. Sc. (Agr.), director, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”, 150 Kievskaya str., Simferopol, 295493, Russia, e-mail: priemnaya@niishk.ru.

Dunaieva Ielizaveta Andreevna, Cand. Sc. (Techn.), Head of laboratory of GIS technology on agriculture, FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”, 150 Kievskaya str., Simferopol, 295493, Russia; e-mail: dunaeva\_e@niishk.ru.