

ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗА УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА

Митяева Л. А.¹, науч. сотр.,

*¹Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации,
г. Новочеркасск, Россия*

Аннотация. Представлены результаты анализа развития сельскохозяйственных культур в сезоне 2017 года, выполненные с помощью сервиса спутникового мониторинга растительного покрова Vega-Science. Оценка состояния озимых культур выполнена на уровне почвенно-климатических зон Ростовской области и базируется на анализе отклонений текущих значений временного ряда нормализованного разностного вегетационного индекса NDVI от своей статистической нормы, определяемой среднегодовой величиной данного показателя.

Ключевые слова: мониторинг посевов, прогнозирование урожайности, дистанционное зондирование, спутниковые системы наблюдения Земли, нормализованный индекс растительности, Ростовская область, урожайность.

OPPORTUNITIES FOR CROP YIELD FORECAST BASED ON REMOTE SENSING MONITORING DATA

Mityaeva L. A.¹, research assistant,

¹Russian Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russia

Abstract. The results of the analysis of crops development in the season of 2017 made by using the service of satellite vegetation cover monitoring Vega-Science are presented. Assessment of the winter crops state is made at the level of soil and climatic zones of Rostov region and is based on the analysis of deviations of the current values of the time series of normalized difference vegetation index NDVI from its statistical norm determined by the average annual value of this index.

Key words: crop monitoring, yield forecast, remote sensing, Earth observation satellite systems, Normalized Difference Vegetation Index, Rostov region, crop productivity.

Введение. В настоящее время активно развиваются системы точного земледелия, которые включают в себя и технологии дистанционного зондирования земли (ДЗЗ). Постоянно возрастающая потребность в объективных, быстрых и достоверных данных, а также развивающиеся современные технологии в последние десятилетия привели к появлению большого количества высококачественных систем дистанционного зондирования Земли из космоса, обеспечивающих стабильное и оперативное получение информации по территории всей поверхности планеты [1-2].

Совместное использование данных дистанционного зондирования с различных сенсоров, дополняющих друг друга по возможностям пространственного и временного разрешения, и сезонных рядов спутниковых данных позволяет исследовать совокупность характеристик развития посевов озимых, включая оценку биомассы и индекса листовой поверхности, проводить прогнозирование урожайности, выявление аномалий в развитии культур [3-5].

В весенний период 2017 года по ДЗЗ в южных регионах России было отмечено аномально раннее развитие сельскохозяйственных культур, что по-

служило индикатором их высокой потенциальной продуктивности и дало основания для ожиданий высокого урожая. Данное явление прослеживалось в ряде регионов: Краснодарский край, Ростовская область, Ставропольский край и др. В рамках представленных исследований анализ раннего развития сельскохозяйственных культур для всей территории Ростовской области, на наш взгляд, может быть выполнен только с использованием данных дистанционных наблюдений [6-8].

Цель исследований – прогнозирование урожайности посевов сельскохозяйственных культур к 2017 году в Ростовской области на основе данных дистанционного мониторинга.

Материалы и методы. Анализ озимых культур для всей территории Ростовской области проведён с использованием возможностей информационной системы Vega-Science [9]. В рамках совместного сотрудничества по использованию и калибровке сервиса спутникового мониторинга «Vega-Science» между Институтом космических исследований Российской академии наук и Российским научно-исследовательским институтом проблем мелиорации было заключено соглашение о научно-техническом сотрудничестве. Еженедельная информация о средних значениях нормализованного относительного индекса растительности NDVI (с англ. Normalized Difference Vegetation Index) обрабатываемых сельскохозяйственных земель, озимых культур как в целом для Ростовской области, так и в разрезе муниципальных районов получена на основании данных радиометра Modis со спутника Terra. Исследования в области ДДЗ в последние годы позволяют считать доказанным, что наиболее эффективно для сельскохозяйственного мониторинга использовать красный (620-670 нм) и ближний инфракрасный (841-876 нм) спектральные каналы прибора Modis. Данные, получаемые в комбинации этих спектральных каналов, наиболее информативны для изучения растительности и имеют максимально возможное для спектрометрического Modis пространственное разрешение (250 м), что является необходимым условием для наблюдения полей сельскохозяйственных культур и оценки их состояния [10].

Для проведения анализа использовались следующие полученные на основе данных радиометра Modis информационные продукты:

- актуальная карта пахотных земель Российской Федерации;
- карты посевов озимых культур в весенне-летний период в Ростовской области;
- агрегированные на уровне административных районов временные ряды среднесезонных (2015-2017 гг.) значений нормализованного разностного вегетационного индекса озимых культур.

Результаты и их обсуждение. Озимые культуры являются важнейшими продовольственными культурами, в связи с этим мониторинг их посевов и совершенствование методов оценки состояния являются крайне актуальными задачами. С научной точки зрения, исследование состояния озимых с применением данных дистанционного зондирования (ДДЗ) позволяет изучить спектрально-отражательные свойства быстро растущей и меняющейся фазы

развития растительности и оценить региональные особенности динамики растительного покрова [11].

Важным индикатором, характеризующим физиологическое состояние, динамику фитопигментов и биологическую продуктивность растений, является Normalized Difference Vegetation Index [9]. Для спутниковых данных Terra/Modis NDVI вычисляется по следующей формуле:

$$NDVI = (p_{NIR} - p_{red}) / (p_{NIR} + p_{red})$$

где p_{NIR} , p_{red} – коэффициенты спектральной яркости в ближней инфракрасной (841-876 нм) и красной (620-670 нм) зонах.

Полученные к моменту уборки озимых культур результаты анализа данных спутникового мониторинга индикаторов продуктивности посевов за весь период их развития позволили получить наиболее актуальную независимую информацию об их состоянии, предваряя появление официальной статистики об урожае.

На рисунке 1 представлена карта, которая отражает расположение озимых культур по состоянию на 9 июля 2017 г., т.е. к моменту достижения посевами максимального развития. Видно, что наибольшие значения 0,84-1,0 вегетационный индекс принимает в Центральной орошаемой и Южной зонах.

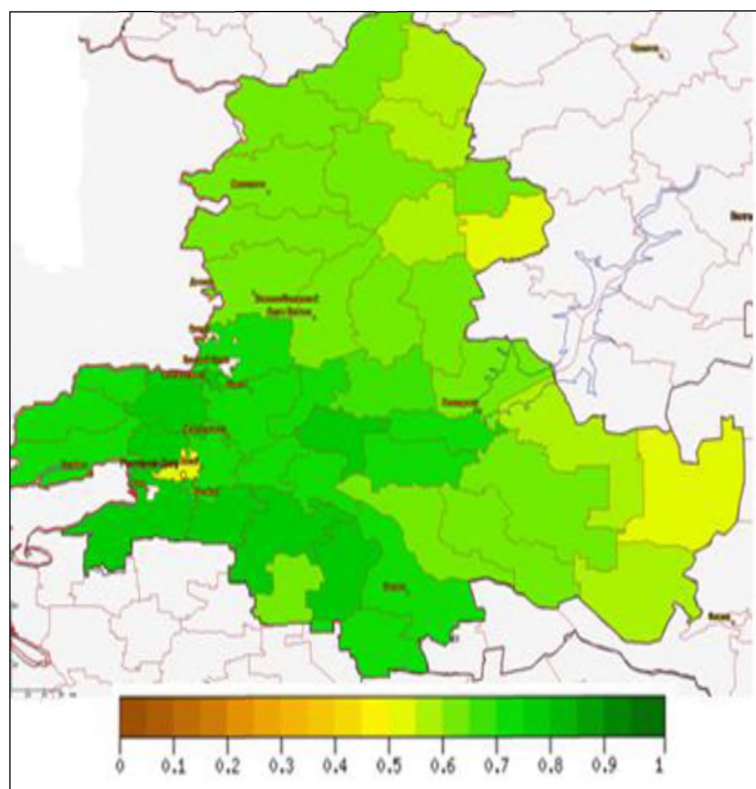


Рисунок 1 – Значения вегетационного индекса для пахотных угодий Ростовской области за 22 неделю 2017 г. (29.05.2017-04.06.2017)

На рисунке 2 представлены карты отклонений вегетационного индекса от «нормальных» значений для озимых культур на территории Ростовской области.

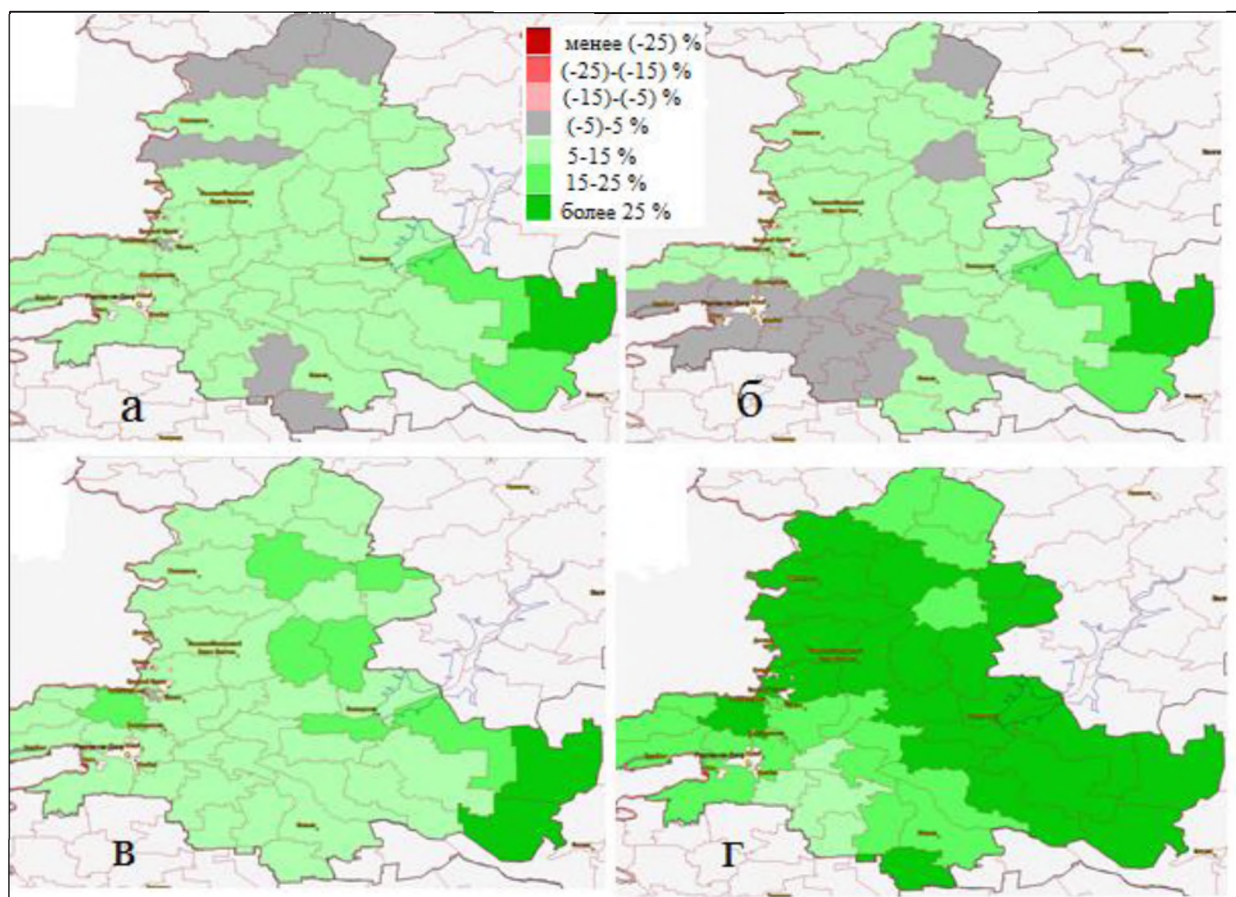


Рисунок 2 – Карты отклонения вегетационного индекса от «нормальных» значений для озимых культур в 22 неделю 2016 г. (а), 2015 г. (б), 2014 г. (в), 2013 г. (г)

Из рисунка 2 (а) видно, что в подавляющем большинстве муниципальных районов средние значения NDVI озимых культур превышают норму более чем на 5-15 %. Для сравнения, на рисунке 2 (б, в, г), приведены подобные карты для 22 недели 2015 г., 2014 г. и 2013 г. соответственно, в которых наблюдалось самое раннее развитие озимых. Хорошо видно, что в 2013 г. область раннего развития озимых была более локальной, а превышение нормы значений было не столь значительным.

Рассматривая динамику развития озимых в 2017 году в наиболее значимых районах их выращивания, можно отметить территориальную неравномерность обеспеченности посевов теплом и влагой в весенний период.

Для того чтобы оценить ситуацию более детально, рассмотрим графики средних значений вегетационных индексов NDVI озимых культур в Ростовской области в 2017 г. (рисунок 3), показывающие, что в 2017 г. развитие озимых культур идёт с опережением «нормы» практически на два месяца. При этом по отношению к ходу развития озимых в 2015 г., демонстрировавшем до текущего года наибольший сдвиг вегетационного сезона, опережение составляет около 3-х недель.

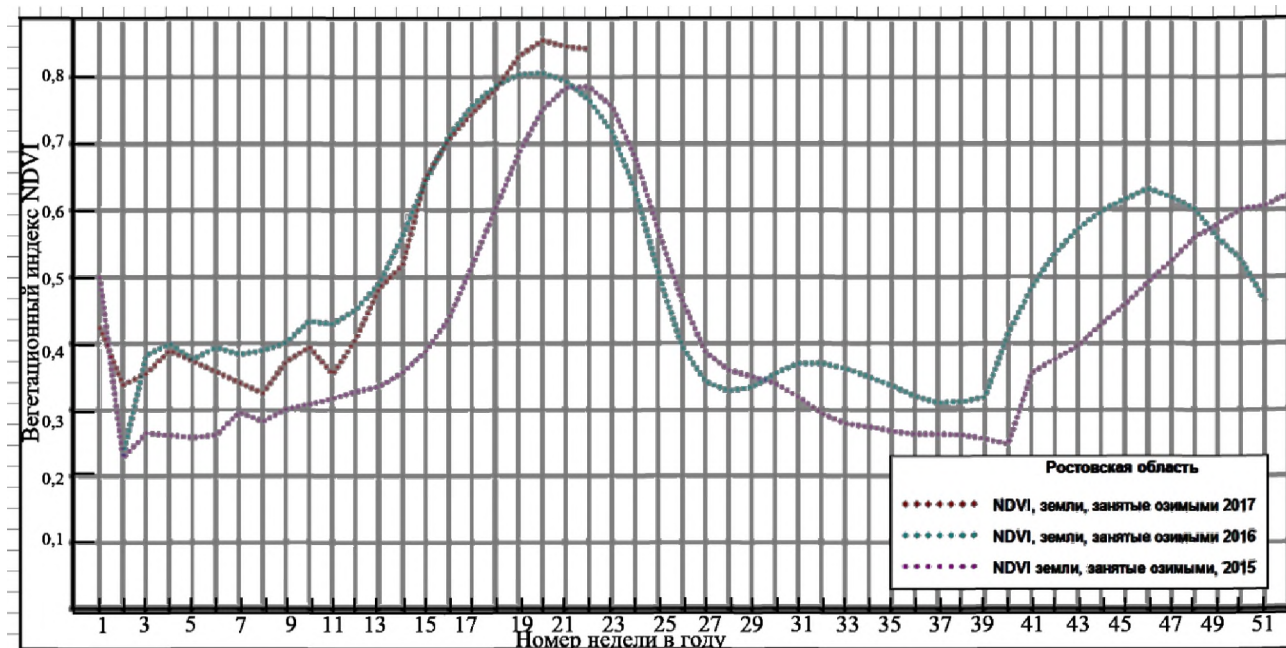


Рисунок 3 – Графики хода средних значений вегетационного индекса NDVI на землях, занятых озимыми культурами в период с 2015 по 2017 годы

Тематическая интерпретация космических снимков по значениям вегетационных индексов NDVI позволила получить оценку состояния озимых культур по четырём градациям (хуже, близко к среднему, лучше, значительно лучше) по всей территории (таблица 1). Проведена количественная оценка площадей, соответствующих каждому из выделенных состояний озимых культур. В представленных результатах за 100 % принята площадь, отведённая под каждую культуру (рисунок 4).

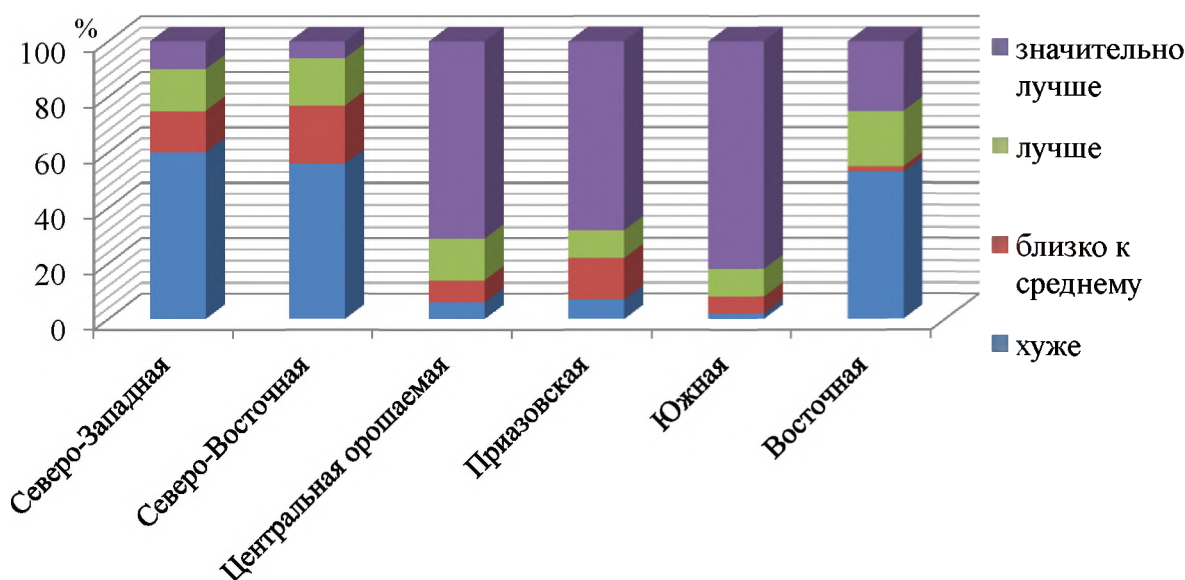


Рисунок 4 – Оценка состояния озимых культур по данным спутникового сервиса «Вега» для почвенно-климатических зон Ростовской области (по состоянию на 14.05.2017)

Таблица 1 – Значения вегетационного индекса NDVI за 2017 год

Месяц	Оценка состояния озимых культур			
	хуже	близко к среднему	лучше	значительно лучше
начало марта	менее 0,25	0,35-0,25	0,35-0,5	более 0,5
март–апрель	менее 0,45	0,55-0,45	0,65-0,55	более 0,65
апрель–май	менее 0,65	0,75-0,65	0,85-0,75	более 0,85
май–июнь	менее 0,75	0,85-0,75	0,9-0,85	более 0,9

Таким образом, необходимо отметить, что в 2017 г. наблюдается аномально раннее развитие сельскохозяйственных посевов до 20 недели (15.05.2017-21.05.2017), особенно это характерно для Южной, Центральной орошаемой и Приазовской почвенно-климатических зон, а затем наблюдается резкий спад, связанный с пониженными температурами в течение месяца. Отмечена тенденция перехода от состояния «хуже» в ранний весенний период (начало марта) до состояния «значительно лучше» в поздний весенний (май–июнь) для всех озимых сельскохозяйственных культур, что служит предпосылкой для прогноза относительно высокой урожайности в уборочный период по данным дистанционного зондирования Земли. Полученные результаты позволяют сделать вывод о хороших условиях зимовки сельскохозяйственных культур по всем районам Ростовской области (таблица 2).

Таблица 2 – Оценка посевных площадей и урожайности сельскохозяйственных культур (озимых) на территории Ростовской области за 2016 год (по данным Ростовстата) [11]

Почвенно-климатические зоны и районы Ростовской области	Посевные площади озимых культур, тыс. га	Урожайность озимых культур (в расчете на убранную площадь), центнеров с гектара
Северо-западная		
Миллеровский	65,5	107,0
Кашарский	75,7	96,5
Красносулинский	40,9	168,6
Тарасовский	53,3	116,8
Северо-восточная		
Белокалитвенский	57,4	79,5
Тацинский	56,8	99,2
Морозовский	72,9	45,9
Милютинский	51,2	25,4
Цимлянский	47,8	77,8
Центральная орошаемая		
Мартыновский	54,6	99,2
Семикаракорский	28,8	120,7
Весёловский	39,3	98,3
Пролетарский	68,4	72,0

Почвенно-климатические зоны и районы Ростовской области	Посевные площади озимых культур, тыс. га	Урожайность озимых культур (в расчете на убранную площадь), центнеров с гектара
Приазовская		
Матвеево-Курганский	58,8	130,4
Родионово-Несветайский	52,8	80,2
Азовский	86,8	140,2
Южная		
Кагальницкий	54,1	186,1
Зерноградский	97,3	159,7
Сальский	128,5	78,9
Песчанокопский	73,0	154,2
Восточная		
Орловский	95,8	113,1
Зимовниковский	135,8	70,3
Дубовский	63,6	65,1

На состояние сельскохозяйственных культур (озимых) в период зимовки основное влияние оказывают гидрометеорологические условия, неблагоприятные значения которых или их сочетания могут приводить к стрессам, угнетению или гибели растений. Ухудшение условий на 8 неделе (20.02.2017-26.02.2017) и 11 неделе (13.03.2017-19.03.2017) развития озимых объясняется понижением температуры воздуха и отсутствием снежного покрова в некоторых районах.

Выводы.

1. Проведённая оценка состояния озимых сельскохозяйственных культур по четырём градам позволила установить, что предпосылкой для прогноза относительно высокой урожайности в уборочный период по данным дистанционного зондирования Земли являются Южная, Центральная орошаемая, Приазовская почвенно-климатические зоны.

2. Предложенная оценка позволяет получить динамику развития озимых сельскохозяйственных культур и спрогнозировать высокую урожайность на следующий вегетационный период.

3. Полученные результаты являются основным сегментом информационно-измерительной системы обеспечения прогноза урожайности озимых культур.

Литература

1. Создание инструментов для удалённой обработки спутниковых данных в современных информационных системах [Электронный ресурс] / А. В. Кашницкий, И. В. Балашов, Е. А. Лупян [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 1. С. 156–170. Режим доступа: http://d33.infospace.ru/d33_conf/sb2015t1/156-170.pdf.

2. Васильев С. М., Митяева Л. А. Мониторинг орошаемого агроландшафта с учётом калибровки данных дистанционного зондирования в рамках геоинформационных технологий [Электронный ресурс] // Политематический сетевой электрон. журн. Кубанский ГАУ.

2017. № 131(07) 16 с. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/archive.asp?n=131>.

3. Ольгаренко В. И., Ольгаренко И. В., Ольгаренко В. Иг. Методология организации экологического мониторинга мелиоративных систем // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2015. Т. 01. С. 8–14.

4. Васильев С. М., Домашенко Ю. Е. Регулирование управленческих процессов в структурированных проблемных ситуациях АПК // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 4. С. 12–13.

5. Бабичев А. Н., Монастырский В. А. Роль точного земледелия в программном выращивании урожая сельскохозяйственных культур // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 2(66). С. 50–53. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29675990>.

6. Космический мониторинг земель сельскохозяйственного назначения юга России / В. Е. Зинченко, О. И. Лохманова, В. П. Калиниченко, А. И. Глухов, В. И. Повх, Л. А. Шляхова // Исследование Земли из космоса. 2013. № 3. С. 33–44.

7. Щедрин В. Н., Васильев С. М. Теория и практика альтернативных видов орошения чернозёмов юга Европейской территории России: монография. Новочеркасск: Лик, 2011. 435 с.

8. Васильев С. М., Домашенко Ю. Е. Ретроспективный анализ изменения почвенно-мелиоративных условий орошаемых почв юга Ростовской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2016. № 3(43). С. 17–24.

9. Использование спутникового сервиса ВЕГА в региональных системах дистанционного мониторинга [Электронный ресурс] / Е. А. Лупян [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. № 3. С. 215–232. Режим доступа: <http://jr.rse.cosmos.ru/article.aspx?id=1332>.

10. Дистанционная оценка параметров сельскохозяйственных земель по спутниковым данным MODIS [Электронный ресурс] / С. А. Барталев, Е. А. Лупян, И. Ю. Савин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных объектов и явлений. Сб. научных статей. М.: GRANP polygraph, 2005. Т. II. С. 228–236. Режим доступа: http://www.iki.rssi.ru/earth/articles/sec8_02.pdf.

11. Дистанционная оценка озимых культур урожая 2017 года в Российской Федерации [Электронный ресурс] / С. А. Барталев, Е. С. Елкина, Е. А. Лупян, [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 4. С. 275–280. Режим доступа: http://d33.infospace.ru/d33_conf/sb2017t4/275-280.pdf.

12. Федеральная служба государственной статистики по Ростовской области [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru> (Дата обращения 19.04.2017).

УДК 626.81/84

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

*Ольгаренко В. И.¹, член-кор. РАН, д-р техн. наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ,*

*Ольгаренко И. В.¹, д-р техн. наук, проф., Ткаченко В. Т.², канд. техн. наук, проф.,
¹Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова
ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Новочеркасск, ²Кубанский ГАУ, г. Краснодар, Россия*

Аннотация. Изложена методика определения основных технических и экономических показателей эффективности планирования и реализации водопользования, характеризующих технический уровень оросительной системы и участков орошения как в отдельных сельскохозяйственных предприятиях различных форм собственности, так и оросительной системы в целом.

Ключевые слова: плановое водопользование, оперативные и итоговые показатели, комплексная характеристика гидрометеорологических факторов.