

Цифровые технологии в орошаемом земледелии

М. М. Хисматуллин

Казанский государственный аграрный университет

Аннотация. Цель: эмпирическое изучение возможности применения цифровых технологий в определении сроков и кратности полива кукурузы на основе тепловизионного зондирования орошаемого участка и ее экономической эффективности. Материалы и методы: исследования по определению сроков и качества полива при помощи тепловизионной съемки проводились на полях ООО «Кырлай» Арского муниципального района Республики Татарстан. Объект исследований - кукуруза на силос, возделываемая по зерновой технологии (с початками в молочно-восковой спелости) с внесением расчетных норм минеральных удобрений на планируемую урожайность биомассы 50 т/га. Технология возделывания кукурузы была общепринятая и состояла из дискования после уборки предшественника (однолетние травы), плоскорезной обработки с углублением пахотного слоя, закрытия влаги, предпосевной культивации, посева, при температуре почвы +12 °С, боронования до- и после появления всходов и междурядной обработки с подкормкой растений нитроаммофоской (N₁₆P₁₆K₁₆). Результаты: установлено, что определение сроков полива кукурузы по результатам тепловизионного дистанционного зондирования дает наиболее высокий эффект и обеспечивает дополнительное получение 3,2 т/га зеленой массы с содержанием 0,16 кормовых единиц. Затраты на приобретение оборудования окупаются в течение одного вегетационного периода. Выводы: назначение поливов объекта исследований по результатам тепловизионной съемки является основой экономии, как финансовых, материальных ресурсов, так и использования пресной воды в связи со снижением количества поливов с пяти до трех по сравнению с определением сроков полива традиционным почвенным влагомером Днестр-1.

Ключевые слова: орошаемое земледелие, цифровизация, зеленая масса, урожайность, рентабельность, экономическая эффективность, срок окупаемости, стоимость валовой продукции.

Digital technologies in irrigated agriculture

M. M. Khismatullin

Kazan State Agrarian University

Abstract. Purpose: empirical study of the possibility of digital technology application in determining the timing and multiplicity of corn irrigation on the basis of thermal imaging sensing of the irrigated area and its economic efficiency. Materials and methods: the research on determining the timing and quality of irrigation by means of thermal imaging was conducted on the fields of LLC "Kyrilai" of Arsky municipal district of the Republic of Tatarstan. The research object was corn for silage cultivated by grain technology (with cobs in milk-wax ripeness) with application of estimated norms of mineral fertilizers for the planned biomass yield of 50 t/ha. The corn cultivation technology was conventional and consisted of discing after harvesting the predecessor (annual grasses), shallow tillage with deepening of the arable layer, moisture closure, pre-sowing cultivation, sowing, at soil temperature +12 ° C, harrowing before and after emergence and inter-row tillage with top dressing of plants with nitroammophoska (N₁₆P₁₆K₁₆). Results: it was found that determining the timing of corn irrigation by the results of thermal remote sensing gives the highest effect and provides additional 3.2 t/ha of green mass with 0.16 fodder units. Expenses for purchase of sprinkling equipment are paid off during one vegetation period. Conclusions: the appointment of irrigations of the research object by the results of thermal imaging survey is the basis of saving, both financial, material resources, and the use of fresh water due to reducing the number of irrigations from five to three in comparison with the determination of the timing of irrigation by a traditional soil moisture meter.

Key words: irrigated farming, digitalization, green mass, yield, profitability, economic efficiency, payback period, gross output value.

Введение. Повсеместное внедрение цифровых технологий в различные отрасли народного хозяйства, в том числе и агропромышленного комплекса Российской Федерации является объективной необходимостью продиктованной временем. Опыт стран с развитым сельским хозяйством показывает высокую значимость и экономическую эффективность применения цифровых технологий в возделывании сельскохозяйственных культур, так как она позволяет сформировать оптимальные почвенно-агротехнические и организационно-территориальные условия, способствующие повышению продуктивности земельных ресурсов при экономии материально-денежных средств и охране окружающей среды [1, 2, 3, 4, 5].

Как показывают результаты эмпирических исследований одним из лимитирующих факторов эффективности сельскохозяйственного производства

Республики Татарстан является влагообеспеченность вегетационных периодов и частая повторяемость засухи. В связи с этим за последние 6 лет (2015-2020) в Республике Татарстан в рамках федеральных и региональных программ на мелиорацию земель было привлечено свыше 4,2 млрд. рублей (частных инвестиций на сумму 525 млн. рублей), что позволило реконструировать более 32 тыс. гектаров орошаемых земель, проложить 266 км водопровода, пробурить 131 скважину, установить 44 водонапорных башен, привести в нормативное техническое состояние 450 прудов из имеющихся 878 сооружений (в них аккумулируется 127,2 млн.м³ пресной воды), что позволило сохранить сельскохозяйственные земли от воздействий водной эрозии на площади более 44,7 тыс. га. [6, 7, 8]. Посредством проведения ремонтно-восстановительных работ достигнуто повышение технической надежности и устойчивости гидротехнических сооружений, снижение угрозы возникновения аварийных ситуаций на плотинах во время весеннего пропуска паводковых вод через гидротехнические сооружения, обеспечена защита населения и объектов, попадающих в зону возможного затопления. Мелиорация земель, как один из основных факторов интенсификации сельскохозяйственного товаропроизводства, была и остается капиталоемкой отраслью [23, 24]. Поэтому в целях ускорения окупаемости произведенных затрат на мелиорированных землях необходимо внедрять новейшие достижения науки и техники, включая тепловизионное зондирование орошаемого участка с целью определения оптимальных сроков полива сельскохозяйственных культур [9, 11].

Материалы и методы. Исследования по определению сроков и качества полива при помощи тепловизионной съемки проводились на полях ООО «Кырлай» Арского муниципального района Республики Татарстан. Объект исследований - кукуруза на силос, возделываемая по зерновой технологии (с початками в молочной спелости) с внесением расчетных норм минеральных удобрений на планируемую урожайность биомассы 50 т/га. Технология возделывания кукурузы была общепринятая и состояла из внесения минеральных удобрений, дискования после уборки предшественника (однолетние травы), плоскорезной обработки с углублением пахотного слоя, закрытия влаги, предпосевной культивации, посева с внесением NPK, при температуре почвы +12 °С, боронования до- и после появления всходов и междурядной обработки с подкормкой растений нитроаммофоской (N₁₆P₁₆K₁₆).

Для решения поставленной задачи, орошаемый участок с общей площадью 250 га разделили на 2 части (по 125 га). В первой половине сроки полива определяли по фактической влажности почвы при помощи влагомера «Днестр-1», а для зондирования второго участка использовали квадрокоптер «Diphantom 4 Pro», оборудованный тепловизионной камерой «Flir – Boson» (рис. 1).



Рисунок 1 – Квадрокоптер «Diphantom 4 Pro» с тепловизором «Flir – Boson»¹

Агрометеорологические условия в годы проведения исследований (2018-2019 гг.) были типичными для Республики Татарстан и характеризовались недостатком осадков в период вегетации и излишней влагой во время уборки урожая (сентябрь).

Результаты и их обсуждение. Тепловизионное обследование – это разновидность теплового контроля орошаемого участка при помощи специальной камеры, которая снимает посевы и затем с помощью программы отображает термограмму объекта исследований с точностью ± 1 °C [9, 10, 11].

Между температурой и влажностью почвы существует прямая зависимость: чем меньше содержание влаги, тем выше температура почвы. На основе данной закономерности рассчитана и перенесена в мобильное приложение Irrigation technology диаграмма шкалы определения сроков полива в интервале от + 25 до + 45 °C [12, 13, 14] (рис. 2).

¹ <https://androidmag.ru/radioupravlyaemyj-kvadrokopter-dji-phantom-4-pro-v2-0-versiy/>

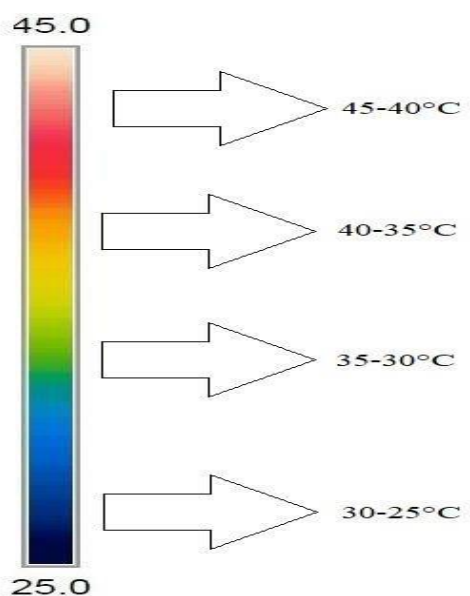


Рисунок 2 – Шкала температурного режима тепловизора

Проводимые исследования показали, что четвертого июля 2018 г. средняя температура почвы была на уровне +25 °С и согласно шкале определения сроков полива, кукуруза не нуждалась в дополнительной влаге. Последующее тепловое дистанционное зондирование орошаемого участка проводилась через 8 дней и установлено, что 30 % площадей недостаточно обеспечены влагой, а через 15 дней после первого обследования 8 % посевов достигли критической отметки дефицита влаги (рис. 3).

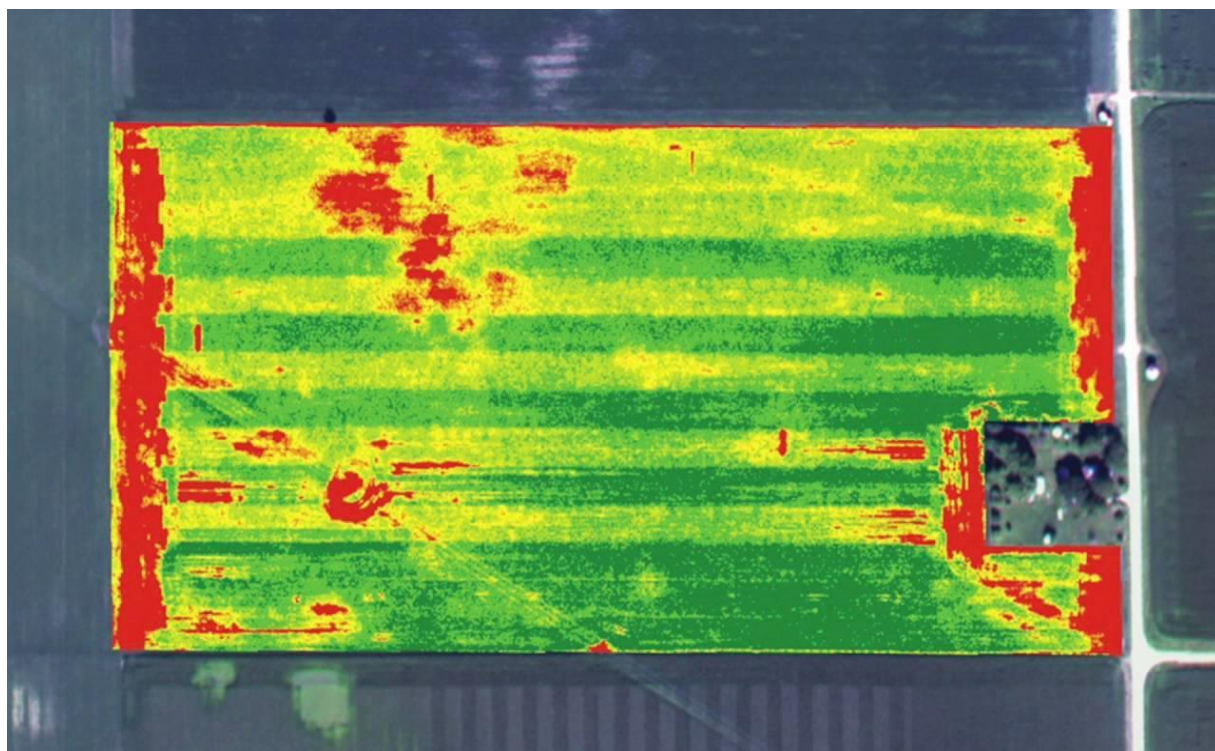


Рисунок 3 – Снимок тепловой камеры 19. 07. 2018 г.

Важным показателем мобильного приложения, разработанного Farm At Hand Inc., является единообразие стиля интерфейса, фокусирование внимания на решение отдельных задач, различия в архитектуре компьютеров, ускоренное время запуска и отклика устройства.

Кроме того, данное мобильное приложение легко совмещается с Iphone и Android. Его графический процессор ATiImageon позволяет работать с 2D и 3D графикой. Все это, позволяет составить диаграмму и контролировать качество полива кукурузы (рис. 4).

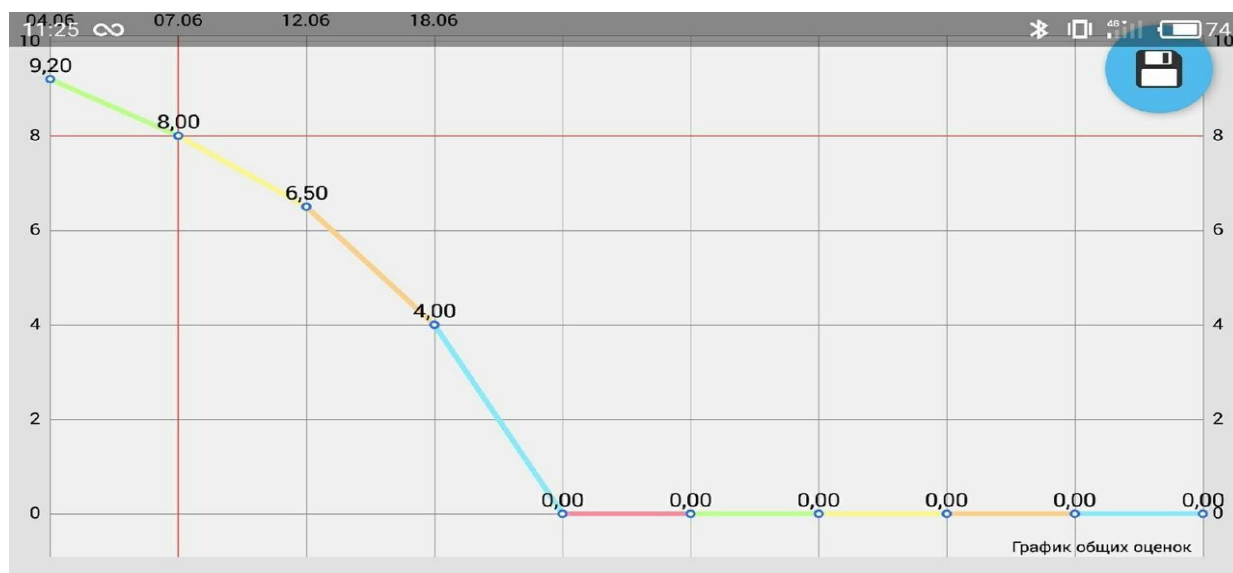


Рисунок 4 – График общей оценки орошения кукурузы в мобильном приложении

Анализ диаграммы, составленной на основе тепловизионного измерения показывает, что 12 июля 2018 г. влажность 35 % площади орошаемого участка снизилась до предельно минимальной влажности (влажность завядания растений).

После проведения полива 19 июля 2018 г., наоборот 15 % пашни была излишне увлажнена, а 5 % нуждалась в дополнительной влаге и только 80 % посевов имели оптимальную влажность (75 % от наименьшей влагоемкости).

Неравномерное увлажнение почвы после полива объясняется наличием мелких углублений и возвышенностей на посевах кукурузы, разной инфильтрующей способностью почвенного покрова.

В тех же природно-климатических условиях измерение влажности почвы при помощи влагомера «Днестр-1» показало необходимость орошения объекта исследований на 20 дней раньше по сравнению с результатами тепловизионной съемки.

Такое противоречие видимо объясняется тем, что среднесуточная температура воздуха максимальных величин в нашей республике достигает именно во второй половине июля и совпадает с критическим периодом потребления влаги этой культуры

(период наибольшего потребления влаги из-за интенсивного накопления биомассы) [15, 16, 17, 18]. Кроме того, при традиционном определении сроков полива потребовалось провести 5 поливов против 3-х по температуре почвы и оросительная норма (расход воды на орошение за вегетационный период) снизилась на 850 м³/га.

В результате, как ранние сроки, так и многократные поливы стали причиной уменьшения активного слоя почвы (слой почвы в котором находится основная масса корневой системы), поскольку растения перестают искать дополнительную влагу и питательные вещества из глубоких слоев почвы [19, 20, 21, 22].

По этой причине, урожайность зеленой массы кукурузы оказалась на 3,2 т/га выше при назначении сроков изучаемой культуры по тепловым снимкам (табл. 1).

Таблица 1 – Продуктивность кукурузы в зависимости от способов определения сроков полива*

| Показатели | Единица измерения | Сроки полива | |
|--|-------------------|--------------------------------|----------------------|
| | | по фактической влажности почвы | по температуре почвы |
| Планируемая урожайность зеленой массы | т/га | 50 | 50 |
| Фактическая урожайность | т/га | 44,6 | 47,8 |
| В процентах от планируемой урожайности | % | 89,2 | 95,6 |
| Содержание кормовых единиц | т/га | 0,14 | 0,16 |
| Валовый сбор кормовых единиц | т/га | 6,24 | 7,65 |

*Источник: таблица составлена автором на основе анализа результатов собственных эмпирических исследований.

Прежде чем приступить к анализу результата исследований следует отметить несоответствие фактической урожайности кукурузы с планируемой. Например, проведение поливов по фактической влажности почвы обеспечивает получение 89,2 % от планируемой урожайности, что на 6,4 % ниже по сравнению со сроками полива по тепловизионным снимкам орошаемого участка.

Более того, нормативной индикатор продуктивности 6,5 т/га кормовых единиц на первом варианте не был достигнут (6,2 т/га), тогда как при поливе по температуре почвы данный показатель составил 7,65 т/га. Это связано с увеличением вегетационного

периода при частых поливах, из-за чего початки кукурузы к уборке не достигают молочной спелости. Такие же результаты были получены и в исследованиях 2019 года.

Рекомендуемый способ определения оптимальных сроков полива объекта исследований не только позволяет оперативно принимать решения, но и обладает высоким экономическим потенциалом (табл. 2).

Таблица 2 – Экономические показатели определения сроков полива кукурузы тепловизионным зонированием орошаемого участка*

| Экономические показатели | Единица измерения | Итоговые результаты |
|---|-------------------|---------------------|
| Площадь обследования | га | 125 |
| Стоимость дополнительной валовой продукции | тыс. руб. | 384 |
| Стоимость тепловизионной камеры Flir – Boson | тыс. руб. | 450 |
| Стоимость квадрокоптера Diphantom 4 Pro | тыс. руб. | 100 |
| Стоимость мобильного приложения Irrigation technology | тыс. руб. | 50 |
| Итого затрат | тыс. руб. | 600 |
| Срок окупаемости | лет | 0,6 |
| Рентабельность | % | 64 |

*Источник: таблица составлена автором на основе результатов собственных эмпирических исследований, в сопоставимых ценах 2019 года.

Стоимость дополнительной валовой продукции (384 тыс. руб.) рассчитали по следующей формуле:

$$СВП = S \times P_y \times K_{ед.} \times 6 \text{ тыс. руб.}, \text{ где}$$

S – площадь орошаемого участка (125 га).

P_y – прибавка урожая (3,2 т/га).

$K_{ед.}$ – содержание кормовых единиц в зеленой массе кукурузы, выращенной по зерновой технологии (0,16).

6 тыс. руб. – цена реализации зерна овса.

Общая сумма затрат на приобретение квадрокоптера с тепловизионным устройством и мобильного приложения в ценах 2019 года составили 600 тыс. рублей.

Рентабельность (64 %) тепловизионной съемки орошаемого участка определяли по формуле:

$$P = OЗ/СВП \text{ (доп), где}$$

OЗ – общие затраты на приобретение приборов (600 тыс. руб.).

Для расчета срока окупаемости (0,6 лет) стоимость дополнительной продукции разделили на общую стоимость затрат.

Выводы. Применение тепловизионного дистанционного зондирования орошаемого участка позволяет принимать оперативное решение по срокам полива кукурузы, которое в отличие от традиционного способа по влажности почвы, совпадает с критическим периодом потребления воды этой культуры и обеспечивает получение дополнительной продукции на сумму 384 тыс. руб. с рентабельностью производства биомассы 64 процента.

Затраты на приобретение дополнительного оборудования и мобильного приложения (600 тыс. руб.) окупаются в течение одного вегетационного периода (0,6 лет).

Список источников

1. Абдуллаева, Т.К. Консультативно-информационная система как перспективная форма информационного обеспечения АПК / Т.К. Абдуллаева // Региональные проблемы преобразования экономики. 2014. № 10(48). С. 63-66.

2. Борозенец, В.Н. Информационное обеспечение систем поддержки принятия решений в сельском хозяйстве / В.Н. Борозенец, А.В. Цысарь // Международный бухгалтерский учет. 2013. № 4(250). С. 53-60.

3. Закирова А.Р., Клычова Г.С., Юсупова А.Р., Уллах Р. Оценка эффективности мелиоративных работ // Профессия бухгалтера - важнейший инструмент эффективного управления сельскохозяйственным производством: Сборник научных трудов по материалам IX Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора В.П. Петрова, Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. С. 70-74.

4. Дубровский, А.В. Применение геоинформационных систем для развития сельского хозяйства и обеспечения продовольственной безопасности страны / А.В. Дубровский, Е.С. Троценко // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2013. Т. 3. № 3. С. 110-116.

5. Хисматуллин, М. М. Целевая программа "Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы" и перспективы её выполнения в Татарстане / М. М. Хисматуллин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2013. Т. 8. № 2(28). С. 151-154.

6. Кирин, С.Г. Система информационного обеспечения планирующей функции управления развитием аграрных хозяйств и сельских территорий / С.Г. Кирин // Аграрный вестник Урала. 2010. № 4(70). С. 51-53.

7. Савченко, О.Ф. Методологические аспекты создания информационных систем в сельском хозяйстве / О.Ф. Савченко // Достижения науки и техники АПК. 2006. № 11. С. 5-10.

8. Савченко, О.Ф. Применение информационных технологий в инженерно-технической системе АПК / О.Ф. Савченко, А.В. Шинделов // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2013. № 4(29). С. 99-104.

9. Система мелиоративного земледелия в Республике Татарстан / Ф.Н. Сафиоллин, М.М. Хисматуллин. Казань, 2015. 317 с.

10. Хисматуллин, М. М. Лизинг техники и технологий как инструмент развития агропромышленного производства / М. М. Хисматуллин, Ф. Н. Мухаметгалиев, Р. Г. Хисамов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2015. Т. 10. № 2(36). С. 31-35.

11. Panasyuk M.V., Safiollin F.N., Shagiakhmetov A.A., Hismatullin M.M. Determining the irrigation timing of agricultural crops by remote sensing of irrigated areas // AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research. 2020. 10 (2, special issue XII.). pp.129 - 132.

12. Modern Biological Products and Growth Stimulators in the Technology of Cultivation of Sunflower for Oilseeds / R. M. Nizamov, F. N. Safiollin, M. M. Khismatullin [et al.] // International Journal of Advanced Biotechnology and Research. 2019. Vol. 10. No 1. P. 341-347.

13. Улучшение и использование пойменных лугов: под общей редакцией доктора сельскохозяйственных наук А.А. Зотова, члена-корреспондента РАСХН / А.А. Зотов, В.М. Косолапов, Н.В. Панферов [и др.]. Москва: Российская академия сельскохозяйственных наук, 2013. 690 с.

14. Зотов, А.А. Улучшение и использование природных сенокосов и пастбищ Среднего Поволжья / А.А. Зотов, М. М. Хисматуллин. Казань: Зур Казан, 2014. 267 с.

15. Хисматуллин, М. М. Изучение накопления нитратов в зеленой массе многолетних трав / М. М. Хисматуллин // Агрехимический вестник. 2010. № 3. С. 28-29.

16. Экономические показатели применения антистрессовых и фитогормонных препаратов на посевах ярового рапса Руян в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан / Ф.Н. Сафиоллин, Ф.Н. Мухаметгалиев, С.Р. Сулейманов [и др.] // Финансовый бизнес. 2021. № 6(216). С. 192-196.

17. Comparative evaluation of productivity of ryegrass and ryegrass-goatling grass stands affected by different mineral and organomineral nutrition / М.М. Khismatullin, М.М. Khismatullin, L.T. Vafina, F.N. Safiollin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: The proceedings of the conference AgroCON-2019, Kurgan, 18–19 апреля 2019 года. Kurgan: IOP Publishing Ltd, 2019. P. 012109.

19. Урожайность и кормовая ценность райграсса пастбищного в зависимости от фона минерального питания на серых лесных почвах Республики Татарстан / Н.В. Трофимов, Ф.Н. Сафиоллин, Г.С. Миннуллин [и др.] // Кормопроизводство. 2017. № 7. С. 17-20.

20. Каюмов, И.А. Инновационное развитие мелиорации в Республике Татарстан / И.А. Каюмов, М.М. Хисматуллин, М. М. Хисматуллин // Евразийское Научное Объединение. 2017. Т. 1. № 7(29). С. 70-72.

21. Роль и место орошаемого земледелия в производстве сельскохозяйственной продукции и его экономическая эффективность (опыт Республики Татарстан) / В.А. Комисаров, А.Р. Валиев, Рахим Уллах [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3(63). С. 160-166.

22. Состояние мелиоративной отрасли в Республике Татарстан и основные пути её развития / А. М. Сабилов, Д. И. Файзрахманов, А.М.Залаков [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2015. Т. 10. № 4(38). С. 10-15.

23. Хисматуллин, М. М. Агроэнергетическая и экономическая эффективность поверхностного улучшения пойменных лугов / М. М. Хисматуллин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2010. – Т. 5. – № 1(15). – С. 120-122.

24. Хисматуллин, М.М. Мелиорация в Республике Татарстан: современное состояние, проблемы и перспективы / М.М. Хисматуллин, М.М. Хисматуллин, Р. Уллах // Региональная экономика: теория и практика. 2022. Т. 20. № 1(496). С. 168-185.

Информация об автора

Марс Мансурович Хисматуллин – доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры организации сельскохозяйственного производства, Казанский государственный аграрный университет, 420015, Казань, ул. К.Маркса, 65, rezi-almet@yandex.ru, [https://orcid.org/ORCID: 0000-0002-0201-8373](https://orcid.org/ORCID:0000-0002-0201-8373)

Mars Mansurovich Khismatullin - Doctor of Agricultural Sciences, assistant professor in the department of agricultural production management, Kazan State Agrarian University, 65 K. Marx St., Kazan, 420015, rezi-almet@yandex.ru, [https://orcid.org/ORCID: 0000-0002-0201-8373](https://orcid.org/ORCID:0000-0002-0201-8373)

(Транслитерация)

Spisok istochnikov

1. Abdullaeva, T.K. Konsul'tativno-informacionnaya sistema kak perspektivnaya forma informacionnogo obespecheniya APK / T.K. Abdullaeva // Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki. 2014. № 10(48). S. 63-66.
2. Borozenec, V.N. Informacionnoe obespechenie sistem podderzhki prinyatiya reshenij v sel'skom hozyajstve / V.N. Borozenec, A.V. Cysar' // Mezhdunarodnyj buhgalterskij uchet. 2013. № 4(250). S. 53-60.
3. Zakirova A.R., Klychova G.S., Yusupova A.R., Ullah R. Ocenka effektivnosti meliorativnyh rabot // Professiya buhgaltera - vazhnejshij instrument effektivnogo upravleniya sel'skohozyajstvennym proizvodstvom: Sbornik nauchnyh trudov po materialam IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennoj pamyati professora V.P. Petrova, Kazan': Kazanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021. S. 70-74.
4. Dubrovskij, A.V. Primenenie geoinformacionnyh sistem dlya razvitiya sel'skogo hozyajstva i obespecheniya prodovol'stvennoj bezopasnosti strany / A.V. Dubrovskij, E.S. Trocenko // Interekspo Geo-Sibir'. 2013. T. 3. № 3. S. 110-116.
5. Hismatullin, M. M. Celevaya programma "\"Razvitie melioracii zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya Rossii na 2014-2020 gody\"" i perspektivy eyo vypolneniya v Tatarstane / M. M. Hismatullin // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. T. 8. № 2(28). S. 151-154.
6. Kirin, S.G. Sistema informacionnogo obespecheniya planiruyushchej funkicii upravleniya razvitiem agrarnyh hozyajstv i sel'skih territorij / S.G. Kirin // Agrarnyj vestnik Urala. 2010. № 4(70). S. 51-53.
7. Savchenko, O.F. Metodologicheskie aspekty sozdaniya informacionnyh sistem v sel'skom hozyajstve / O.F. Savchenko // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2006. № 11. S. 5-10.
8. Savchenko, O.F. Primenenie informacionnyh tekhnologij v inzhenerno-tekhnicheskoj sisteme APK / O.F. Savchenko, A.V. Shindelov // Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet). 2013. № 4(29). S. 99-104.
9. Sistema meliorativnogo zemledeliya v Respublike Tatarstan / F.N. Safiollin, M.M. Hismatullin. Kazan', 2015. 317 s.
10. Hismatullin, M. M. Lizing tekhniki i tekhnologij kak instrument razvitiya agropromyshlennogo proizvodstva / M. M. Hismatullin, F. N. Muhametgaliev, R. G. Hisamov

// Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. T. 10. № 2(36). S. 31-35.

11. Panasyuk M.V., Safiollin F.N., Shagiakhmetov A.A., Hismatullin M.M. Determining the irrigation timing of agricultural crops by remote sensing of irrigated areas // AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research. 2020. 10 (2, special issue XII.). pp.129 - 132.

12. Modern Biological Products and Growth Stimulators in the Technology of Cultivation of Sunflower for Oilseeds / R. M. Nizamov, F. N. Safiollin, M. M. Khismatullin [et al.] // International Journal of Advanced Biotechnology and Research. 2019. Vol. 10. No 1. P. 341-347.

13. Uluchshenie i ispol'zovanie pojmenykh lugov: pod obshchej redakciej doktora sel'skohozyajstvennykh nauk A.A. Zotova, chlena-korrespondenta RASHN / A.A. Zotov, V.M. Kosolapov, N.V. Panferov [i dr.]. Moskva: Rossijskaya akademiya sel'skohozyajstvennykh nauk, 2013. 690 s.

14. Zotov, A.A. Uluchshenie i ispol'zovanie prirodnykh senokosov i pastbishch Srednego Povolzh'ya / A.A. Zotov, M. M. Hismatullin. Kazan': Zur Kazan, 2014. 267 s.

15. Hismatullin, M. M. Izuchenie nakopleniya nitratov v zelenoj masse mnogoletnih trav / M. M. Hismatullin // Agrohimicheskij vestnik. 2010. № 3. S. 28-29.

16. Ekonomicheskie pokazateli primeneniya antistressovykh i fitogormonnykh preparatov na posevah yarovogo rapsa Ruyan v pochvenno-klimaticheskikh usloviyah Respubliki Tatarstan / F.N. Safiollin, F.N. Muhametgaliev, S.R. Sulejmanov [i dr.] // Finansovyj biznes. 2021. № 6(216). S. 192-196.

17. Comparative evaluation of productivity of ryegrass and ryegrass-goatling grass stands affected by different mineral and organomineral nutrition / M.M. Khismatullin, M.M. Khismatullin, L.T. Vafina, F.N. Safiollin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: The proceedings of the conference AgroCON-2019, Kurgan, 18–19 aprelya 2019 goda. Kurgan: IOP Publishing Ltd, 2019. P. 012109.

19. Urozhajnost' i kormovaya cennost' rajgrasa pastbishchnogo v zavisimosti ot fona mineral'nogo pitaniya na seryh lesnyh pochvah Respubliki Tatarstan / N.V. Trofimov, F.N. Safiollin, G.S. Minnullin [i dr.] // Kormoproizvodstvo. 2017. № 7. S. 17-20.

20. Kayumov, I.A. Innovacionnoe razvitie melioracii v Respublike Tatarstan / I.A. Kayumov, M.M. Hismatullin, M. M. Hismatullin // Evrazijskoe Nauchnoe Ob"edinenie. 2017. T. 1. № 7(29). S. 70-72.

21. Rol' i mesto oroshaemogo zemledeliya v proizvodstve sel'skohozyajstvennoj produkcii i ego ekonomicheskaya effektivnost' (opyt Respubliki Tatarstan) / V.A. Komisarov,

A.R. Valiev, Rahim Ullah [i dr.] // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. T. 16. № 3(63). S. 160-166.

22. Sostoyanie meliorativnoj otrasli v Respublike Tatarstan i osnovnye puti eyo razvitiya / A. M. Sabirov, D. I. Fajzrahmanov, A.M.Zalakov [i dr.] // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. T. 10. № 4(38). S. 10-15.

23. Hismatullin, M. M. Agroenergeticheskaya i ekonomicheskaya effektivnost' poverhnostnogo uluchsheniya pojmnennyh lugov / M. M. Hismatullin // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – T. 5. – № 1(15). – S. 120-122.

24. Hismatullin, M.M. Melioraciya v Respublike Tatarstan: sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy / M.M. Hismatullin, M.M. Hismatullin, R. Ullah // Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika. 2022. T. 20. № 1(496). S. 168-185.