

Инновационные технологии оросительных мелиораций в производстве картофеля и овощей

Innovative technologies of irrigation reclamation in the production of potatoes and vegetables

Касьянов А.Е.

Аннотация

В зонах дефицита естественного увлажнения (Краснодарский, Ставропольский края, Саратовская, Волгоградская, Астраханская области) высокие урожаи картофеля и овощей можно получать только на орошаемых землях. В зонах неустойчивого естественного увлажнения (Центрально-Черноземный район, Центральный район, Алтайский край) оросительные мелиорации обеспечивают получение стабильных и высоких урожаев этих культур. С 2005 по 2020 годы площадь орошаемых земель в России увеличилась с 4,55 до 4,63 млн га. Орошаемые площади в основном увеличивались за счет овощных полей. На орошаемых землях начинают использовать дистанционные технологии зондирования с.-х. земель. По сигналам частотных каналов определяют нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI, индекс влажности поверхности Земли LSWI. Известные технологии не позволяют дистанционно установить сроки поливов овощных культур и картофеля. Предлагаемая технология включает создание маркерных участков, установление сроков поливов массива орошения по индексам NDVI зондирования растений маркерного участка. Размещали не менее одного маркерного участка на 100 га. Площадь маркерного участка не менее 200 м². Норма внесения азотных удобрений на маркерном участке на 50–70% превышает норму внесения удобрений на остальном массиве орошения. На маркерном участке отмечали интенсивное подвядание листьев растений при NDVI менее 0,4. В этот момент назначали полив всего массива орошения. Особенности технологии показаны на результатах математического моделирования динамики NDVI, влажности почвы на маркерном участке и массиве орошения в условиях Саратовской области. Культура – картофель, нормы внесения удобрений на массиве орошения – $N_{40}P_{30}K_{35}$, на маркерном участке – $N_{65}P_{30}K_{35}$, урожайность – 39 т/га, почвы каштановые, среднесуглинистые, климатические показатели среднемоголетние. Определение индекса NDVI по сигналам зондирования, установление сроков поливов выполняется с использованием данных градиентного влагомера влажности почвы и технологии обучения искусственного интеллекта системы управления орошением. Программно-инструментальный комплекс, включающий маркерный участок, градиентный влагомер и искусственный интеллект системы управления орошением обеспечат экологическую безопасность и высокую эффективность производства картофеля и овощей.

Ключевые слова: картофель, овощи, орошение, дистанционное зондирование, маркерный участок, градиентный влагомер, искусственный интеллект, управление орошением.

Для цитирования: Касьянов А.Е. Инновационные технологии оросительных мелиораций в производстве картофеля и овощей // Картофель и овощи. 2021. №8. С. 21–23. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.86.53.003>

После завершения Федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» площадь орошае-

мых земель увеличилась с 4,55 до 4,63 млн га. Увеличение орошаемых площадей отмечалось в производстве картофеля и овощной продукции. Однако состояние орошаемых земель и мелиоративных

систем не в полной мере отвечало требованиям с.-х. производства. Так, в 2005 году только 2,17 млн га (48%) орошаемых земель относились к категории «хорошего» состояния, остальная часть относи-

Kasyanov A.E.

Abstract

In zones of deficiency of natural moisture (Krasnodar, Stavropol territories, Saratov, Volgograd, Astrakhan regions) high yields of potatoes and vegetables can be obtained only on irrigated lands. In zones of unstable natural moisture (Central Black Earth region, Central region, Altai territory) irrigation reclamation ensures stable and high yields of these crops. From 2005 to 2020, the area of irrigated lands in Russia increased from 4.55 to 4.63 million ha. Irrigated areas were mainly increased due to vegetable fields. Remote sensing technologies for agricultural land are beginning to be used on irrigated lands. The signals of the frequency channels are used to determine the normalized difference vegetation index NDVI, the moisture index of the Earth's surface LSWI. The known technologies do not allow remotely setting the timing of watering vegetables and potatoes. The proposed technology includes the creation of marker plots, the establishment of the timing of irrigation of the irrigation array according to the NDVI indices of plant sounding of the marker plot. Place at least one marker plot per 100 hectares. The area of the marker plot is not less than 200 m². The rate of application of nitrogen fertilizers on the marker plot is 50–70% higher than the rate of application of fertilizers on the rest of the irrigation area. In the marker plot, there is an intense wilting of plant leaves with an NDVI less than 0.4. At this moment, watering of the entire irrigation array is scheduled. The features of the technology are shown on the results of mathematical modeling of the dynamics of NDVI, soil moisture on the marker plot and the irrigation array in the Saratov region. Crop – potatoes, fertilization rates on the irrigated array – $N_{40}P_{30}K_{35}$, on the marker plot – $N_{65}P_{30}K_{35}$, yield – 39 t/ha, chestnut soils, medium loamy, climatic indicators are average long-term. Determination of the NDVI index based on sounding signals, setting the timing of irrigation is performed using data from a gradient soil moisture meter and artificial intelligence training technology for an irrigation control system. A software and instrumental complex including a marker section, a gradient moisture meter and an artificial intelligence of the irrigation control system will ensure environmental safety and high efficiency in the production of potatoes and vegetables.

Key words: potatoes, vegetables, irrigation, remote sensing, marker plot, gradient moisture meter, artificial intelligence, irrigation control.

For citing: Kasyanov A.E. Innovative technologies of irrigation reclamation in the production of potatoes and vegetables. Potato and vegetables. 2021. No8. Pp. 21–23. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.86.53.003> (In Russ.).

лась к категориям «удовлетворительного» и «неудовлетворительного» состояния. В 2020 году ситуация существенно не изменилась. 2,16 млн га (47%) орошаемых земель относились к категории «хорошего» состояния, остальная часть – к категориям «удовлетворительного» и «неудовлетворительного» [1]. Одна из причин неудовлетворительного состояния орошаемых земель – нарушение сроков поливов. Применяемые в настоящее время технологии дистанционного зондирования фиксируют текущее состояние мелиорируемых земель и не могут применяться для оперативного назначения сроков поливов с. – х. культур [2, 3, 4]. Цель работы – совершенствование технологий использования данных дистанционного зондирования орошаемых земель для оперативного назначения сроков поливов с. – х. культур. Для достижения поставленной цели были обоснованы параметры маркерного участка, обосновано применение индекса NDVI и средств дальнего дистанционного зондирования, разработана и испытана конструкция градиентного влагомера влажности почвы, обосновано применение искусственного интеллекта и теории игр для системы управления поливом. Задачи исследования соответствуют задачам Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», в том числе, «цифровые технологии», «искусственный интеллект».

Условия, материалы и методы исследований

На массиве орошения в 2019–2020 годах в условиях Саратовской области на поле картофеля выделяли маркерный участок. Размещали не менее одного маркерного участка на 100 га. Площадь маркерного участка принимали не менее 200 м². Все агротехнические работы на маркерном участке и массиве орошения выполняли одновременно. Норму внесения азотных удобрений на маркерном участке увеличивали по сравнению с нормой внесения на массиве орошения на 50–70%. Поливную норму на маркерном участке увеличивали на 15–20% по сравнению с поливной нормой на массиве орошения. В период вегетации посредством программного продукта LandViewer © (URL: <https://eos.com/landviewer>) мгновенно определяли величину нормализован-

ного разностного вегетационного индекса NDVI. $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$, где NIR – интенсивность отражения в ближнем инфракрасном спектре, 865 нм; RED – интенсивность отражения в красной области спектра 665 нм. Значения NDVI менее 0,4 указывало на подвядание листьев растений от недостаточного уровня запасов влаги в почве. Листья растений могут подвядать от болезней, вредителей, нарушения агротехники при внесении средств защиты растений. Поэтому необходимы данные градиентного влагомера, которые подтверждают наличие дефицита запасов влаги в почве. Конструкция прототипа влагомера показана на **рис. 1**.

Влагомер размещали в рядке растений, фиксировали влажность почвы перед поливом и величину индекса NDVI. В серийном образце влагомера контакты и подводящие провода заменяет приемо-передающий

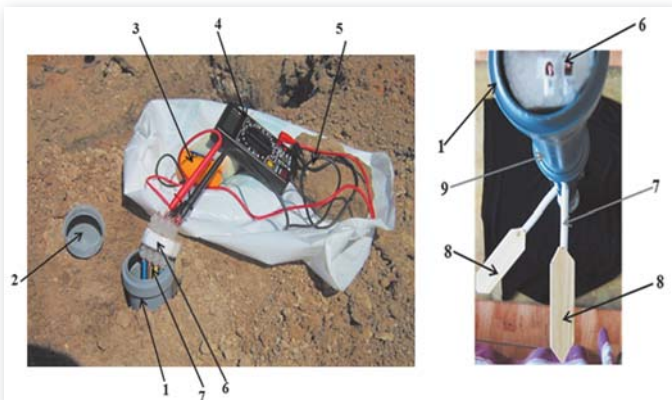


Рис. 1. Конструкция градиентного влагомера влажности почвы: 1 – горловина корпуса влагомера с уплотнительным кольцом; 2 – заглушка горловины; 3 – аккумулятор; 4 – цифровой вольтметр; 5 – подводящие провода к цифровому вольтметру; 6 – контактный блок влагомера; 7 – подводящие провода от датчиков влажности почвы; 8 – датчик влажности; 9 – трубчатый корпус влагомера

чип, который размещается в полости корпуса. Градиентный влагомер устанавливали скрыто под поверхностью поля. На **рис. 2** показана динамика NDVI, влажности почвы маркерного участка и массива орошения модельного эксперимента.

Моделировали условия Саратовской области. Культура – картофель. Расчетная урожайность – 39 т/га. Норма внесения удобрений на массиве орошения $N_{40}P_{30}K_{35}$, на маркерном участке – $N_{65}P_{30}K_{35}$. Почвы каштановые, среднесуглинистые, полив дожде-

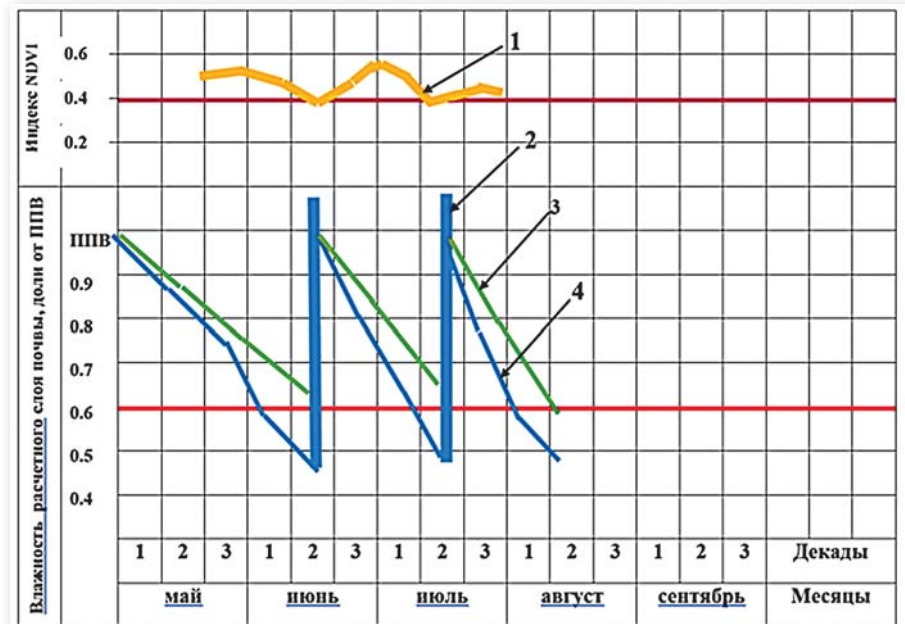


Рис. 2. Динамика индекса NDVI, влажности расчетного слоя почвы на массиве орошения и маркерном участке: 1 – индекс NDVI; 2 – полив; 3 – влажность почвы на массиве орошения; 4 – влажность почвы на маркерном участке

ванием. Метеорологические показатели среднееголетние – по О.С. Ермолаевой, А.М. Зейлигеру [3]. Моделирование выполнено по программе Salmed, 2016, [http://www.icid.org/res_tools.html]. Искусственная нейронная сеть, реализованная программой Neural Network Wizard v1.7, входила отдельным блоком в программу системы управления режимом поливов.

На первом этапе разработана блок-схема этой программы. Второй этап разработки должен включать исследования подпрограммы, реализующий принципы математической теории игр. В системе управления режимом поливов она учитывает вероятностный режим выпадения естественных осадков [8].

Результаты исследований

Оценка состояния с.-х. культур на маркерном участке по величине индекса NDVI менее 0,4 обеспечивает точное установление сроков поливов всего массива орошения. Величина индекса NDVI на маркерном участке колебалась от 0,38 до 0,68. На массиве орошения она не опускалась ниже 0,48.

На 100 га размещают не менее одного маркерного участка. На маркерном участке скрыто размещают градиентный влагомер влажности почвы, снабженный приемо-передающим чипом. Нормы внесения азотных удобрений на маркерном участке увеличивают по сравнению с нормой внесения на массиве орошения на 50–70%. Поливную норму на мар-

керном участке увеличивают на 15–20% по сравнению с поливной нормой на массиве орошения. Для определения индекса NDVI целесообразно применять программные средства LandViewer. Система управления поливом включает искусственную нейронную сеть Neural Network Wizard v1.7 и подпрограмму реализации математической теории игр.

Выводы

Система управления поливом и комплекс оборудования может в автоматическом режиме обеспечивать стабильное получение высоких урожаев картофеля и овощей на орошаемых землях.

Библиографический список

References

1. Государственный национальный доклад о состоянии и использовании земельных ресурсов Российской Федерации [Электронный ресурс] URL: <https://rosreestr.gov.ru/site/activity/gosudarstvennyy-natsionalnyy-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-rossiyskoy-federatsii>. Дата обращения: 10.04.2021.
2. Зверков М.С., Брыль С.В. Оценка мелиоративного состояния гидромелиоративной системы с использованием данных дистанционного зондирования земли и беспилотного летательного аппарата // Природообустройство. 2021. №2. С. 6–16. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2021-2-6-16>.
3. Ермолаева О.С., Зейлигер А.М. Анализ трендов потоков суммарного испарения (за 2003-2017 гг.) по данным продукта MOD16A2 для территории Марковского района Саратовской области // Природообустройство. 2021. №2. С. 16–25. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2021-2-16-25>. 2021-2-6-16.
4. Paul S., Kumar D.N. Evaluation of Feature Selection and Feature Extraction Techniques on Multi-Temporal Landsat-8 Images for Crop Classification. *Remote Sens Earth Syst Sci* 2. Pp. 197–207 (2019). <https://doi.org/10.1007/s41976-019-00024-8>.
5. Касьянов А.Е., Гулюк Г.Г. Патент 2199208 РФ, МПК А01G 25/00 (2000.01). Способ выращивания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях. (РФ). № 2001128716/13; заявл. 25.10.2001; заявитель и патентообладатель Московский государственный университет леса. Оpubл.: 27.02.2003. Бюлл. №6. 4 с.
6. Касьянов А.Е., Кобозев Д.Д., Исмаил Х. Градиентный влагомер влажности почвы // Природообустройство. 2020. №4. С. 44–47. <https://doi.org/10.26897/1997-6011/2020-4-44-47>.
7. Касьянов А.Е. Искусственный интеллект в системе мониторинга мелиорируемых земель: современные проблемы развития мелиорации и пути их решения (Костяковские чтения). Материалы международной научно-практической конференции. М., 2020. С. 264–268. <https://doi.org/10.37738/VNIIgiM.2020.50.59.047>
8. Учет текущих и ожидаемых погодных рисков в растениеводстве на основе математической теории игр / К.А. Перевертин, В.И. Леунов, А.И. Белолобцев, Е.А. Симаков, Н.Н. Иванцова, Т.А. Васильев // Картофель и овощи. 2020. №6. С. 6–10. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.13.27.001>.

1. State national report on the condition and use land resources of the Russian Federation [Web resource] URL: <https://rosreestr.gov.ru/site/activity/gosudarstvennyy-natsionalnyy-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-rossiyskoy-federatsii>. Access date: 04.10.2021 (In Russ.).
2. Zverkov M.S., Bryl S.V. Reclamation status assessment irrigation and drainage system using data from remote sensing of the earth and unmanned aerial vehicle // *Environmental Engineering*. 2021. No2. Pp. 6–16. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2021-2-6-16> (In Russ.).
3. Ermolaeva O.S., Zeiliger A.M. Analysis of trends in the total evaporation (for 2003-2017) according to the MOD16A2 product for the territory of the Markovsky district of the Saratov region. *Environmental Engineering*. 2021. No2. Pp. 16–25. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2021-2-16-25>. 2021-2-6-16 (In Russ.).
4. Paul S., Kumar D.N. Evaluation of Feature Selection and Feature Extraction Techniques on Multi-Temporal Landsat-8 Images for Crop Classification. *Remote Sens Earth Syst Sci* 2. 197-207 (2019). <https://doi.org/10.1007/s41976-019-00024-8>.
5. Kasyanov A.E., Gulyuk G.G. Patent 2199208 RF, IPC A01G 25/00 (2000.01). Growing method agricultural crops on irrigated lands / (RF). No2001128716/13; declared 10/25/2001; applicant and patentee of the Moscow State University of Forestry. Publ. : 27.02.2003. Bul. No6. 4 p. (In Russ.).
6. Kasyanov A.E., Kobozev D.D., Ismail Kh. Gradient moisture meter soil moisture // *Environmental management*. 2020. No4. Pp. 44–47. <https://doi.org/10.26897/1997-6011/2020-4-44-47> (In Russ.).
7. Kasyanov A.E. Artificial intelligence in the monitoring system of reclaimed lands: Modern problems of development of reclamation and ways to solve them (Kostyakovskie readings). Materials of the international scientific and practical conference. Moscow. 2020. Pp. 264–268. <https://doi.org/10.37738/VNIIgiM.2020.50.59.047>. (In Russ.).
8. Accounting for current and expected weather risks in crop production at the basis of the mathematical theory of games. K.A. Perevertin, V.I. Leunov, A.I. Belolobtsev, E.A. Simakov, N.N. Ivantsova, T.A. Vasiliev. *Potato and vegetables*. 2020. No5. Pp. 6–10. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.13.27.001> (In Russ.).

Об авторе

Author details

Касьянов Александр Евгеньевич, доктор техн. наук, профессор кафедры с.-х. мелиораций, лесоводства и землеустройства, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева. E-mail: kasian64@mail.ru

Kasyanov A.E., D. Sci (Techn.), professor of the department of agricultural land reclamation, forestry and land management, Russian State Agrarian University – MTA. E-mail: kasian64@mail.ru