

## РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Научная статья  
УДК 633.34:631.67

### Результаты апробации технологии возделывания сои на орошаемых землях и методов определения сроков полива

Роман Степанович Масный<sup>1</sup>, Георгий Трифонович Балакай<sup>2</sup>,  
Александр Николаевич Бабичев<sup>3</sup>, Сергей Артурович Селицкий<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация

<sup>1</sup>rosniipm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0254-738X>

<sup>2</sup>balakaygt@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8021-6853>

<sup>3</sup>babichevan2006@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1146-7530>

<sup>4</sup>ssilja@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4771-4516>

**Аннотация.** **Цель:** апробация в ЗАО «Нива» Веселовского района Ростовской области разработанного в Российском научно-исследовательском институте проблем мелиорации технологического процесса возделывания сои и программного обеспечения для расчета сроков полива сои. **Материалы и методы.** Исследуемая культура выращивалась по разработанным алгоритмам технологического процесса возделывания сои для конкретного поля с учетом предшественника, способа подготовки почвы, плодородия почвы и наличия питательных веществ в ней, способа полива и сложившихся конкретных агроклиматических условий. Сроки проведения полива рассчитывались тремя методами: 1) контроль влагозапасов в расчетном слое почвы термостатно-весовым методом; 2) по датчикам, установленным в поле, с программным обеспечением для управления ими IriMAX Live компании Sentek; 3) расчет по метеопараметрам с помощью программы для ЭВМ, разработанной Российским научно-исследовательским институтом проблем мелиорации. Наблюдения за ростом и развитием сои и учеты проводились по общепринятым методикам. **Результаты.** Разработанная в Российском научно-исследовательском институте проблем мелиорации технология возделывания сои была преобразована в алгоритм технологического процесса, который внедрялся в ЗАО «Нива». Сельхозпредприятие выполняло все элементы технологии в назначенные сроки и качественно. Сроки полива определялись по влагозапасам в слое почвы 0,8 м тремя указанными выше методами. **Выводы.** В результате внедрения алгоритма технологического процесса возделывания сои получена высокая урожайность ее – 3,69 т/га семян, что выше плановой урожайности 3,5 т/га. Все три метода определения влагозапасов в почве и сроков полива показали высокую сходимость расчетных показателей и могут применяться в сельхозпредприятиях Ростовской области.

**Ключевые слова:** соя, методы определения сроков полива, влагозапасы, сроки полива, технология возделывания, алгоритм технологического процесса, урожайность

**Апробация результатов исследования:** основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 21 февраля 2024 г.).

**Для цитирования:** Результаты апробации технологии возделывания сои на орошаемых землях и методов определения сроков полива / Р. С. Масный, Г. Т. Балакай, А. Н. Бабичев, С. А. Селицкий // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 92, № 1. С. 1–17.

## THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Original article

### **Evaluation of results of technology for soybeans cultivation on irrigated lands and methods for determining time of irrigation**

**Roman S. Masnyi<sup>1</sup>, Georgiy T. Balakay<sup>2</sup>, Alexandr N. Babichev<sup>3</sup>,  
Sergey A. Selitskiy<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,  
Russian Federation

<sup>1</sup>rosniipm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0254-738X>

<sup>2</sup>balakaygt@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8021-6853>

<sup>3</sup>babichevan2006@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1146-7530>

<sup>4</sup>ssilja@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4771-4516>

**Abstract. Purpose:** approbation of the technological process of soybean cultivation and software for calculating the time of soybean irrigation developed at Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems at Niva ZAO, Veselovsky district, Rostov region. **Materials and methods.** The crop under study was grown according to the developed algorithms for the technological process of soybean cultivation for a specific field, taking into account the predecessor, the method of soil preparation, soil fertility and the presence of nutrients in it, the irrigation method and the prevailing specific agroclimatic conditions. The time of irrigation was calculated by three methods: 1) control of moisture reserves in the calculated soil layer by thermostat-weight method; 2) by sensors installed in the field with IrriMAX Live software from Sentek; 3) calculation based on meteorological parameters using a computer program developed by the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems. Observations of the soybean growth and development and the records were carried out according to generally accepted methods. **Results.** The soybean cultivation technology developed at the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems was transformed into a technological process algorithm that was implemented at Niva ZAO. The agricultural enterprise carried out all elements of the technology at the scheduled time and with high quality. The time of irrigation was determined by the moisture reserves in the 0.8 m soil layer using the three methods indicated above. **Conclusions.** As a result of the implementation of the algorithm for the soybean cultivation technological process a high yield was obtained – 3.69 t/ha of seeds, which is higher than the conventional yield of 3.5 t/ha. All three methods for determining moisture reserves in the soil and irrigation time showed high convergence of calculated indicators and can be used in agricultural enterprises of Rostov region.

**Keywords:** soybean, methods for determining irrigation time, moisture reserves, time of irrigation, cultivation technology, technological process algorithm, yield

**Evaluation of the research results:** the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 21, 2024).

**For citation:** Masnyi R. S., Balakay G. T., Babichev A. N., Selitskiy S. A. Evaluation of results of technology for soybeans cultivation on irrigated lands and methods for determining time of irrigation. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2024; 92(1): 1–17. (In Russ.).

**Введение.** Соя используется в питании людей более 5000 лет. За это время она распространилась из Восточной Азии по всему миру, и посевные площади ее в 2023 г. достигли 123 млн га, а валовое производство сои составляет более 340 млн т.

В России соя возделывалась с давних времен, в основном на Дальнем Востоке. Но в последние годы эта культура начала занимать большие территории по всей стране [1, 2]. По данным Минсельхоза России, за 10 лет с 2010 по 2020 г. посевные площади увеличились в 1,55 раза и достигли в 2020 г. 3,078 млн га, а к 2023 г. уже 3,7 млн га. При этом 1,36 млн га, или 44 %, посевных площадей имелось в Дальневосточном федеральном округе и 1,117 млн га, или 36 %, в Центральном федеральном округе, в т. ч. 282,6 тыс. га в Курской области и 268,1 тыс. га в Белгородской области, где ранее соя не возделывалась.

В Поволжском, Южном и Северо-Кавказском федеральных округах с сухим и засушливым климатом соя не имеет такого распространения, так как в период формирования урожая наблюдаются острый дефицит влаги в почве и воздушная засуха (суховеи), которые вызывают опадение цветков и завязи и не позволяют получать высокую урожайность [3]. В этих федеральных округах только орошение способно восполнить дефицит влаги и обеспечить получение 3,5 т/га сои и более. Но особую сложность для специалистов сельхозпредприятий представляет соблюдение режимов орошения сельскохозяйственных культур, и прежде всего сроков полива.

В настоящее время разработаны и начали внедряться в производство различные приборы и датчики влажности почвы, работающие на разных принципах, и по ним начали определять сроки полива сельскохозяйственных культур [4–6]. ЗАО «Нива» подобные приборы компании Sentek и программное обеспечение<sup>1</sup> начало приобретать с 2021 г., и в 2023 г. они были установлены на 19 орошаемых полях, на которых выращиваются ку-

---

<sup>1</sup>Программное обеспечение для управления IrriMAX Live [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agriexpo.ru/prod/sentek/product-178591-31216.html> (дата обращения: 01.02.2024).

куруза, озимая пшеница, картофель, лук и соя. В хозяйстве приборы ранее не были тестированы на предмет корректности определения влагозапасов и сроков полива, поэтому специалистам сельхозпредприятия необходимо было провести их тестирование в сравнении с другими методами определения влагозапасов в почве и сроков полива [7–10].

Другой важной задачей в ЗАО «Нива» является повышение урожайности сои и других сельскохозяйственных культур. Так, в условиях Ростовской области при высокой потенциальной урожайности сои 3,5–5,5 т/га средняя фактическая урожайность культуры при орошении составляет 1,5–2,2 т/га. Это связано с посевом нерайонированных сортов, несоблюдением или незнанием специалистами хозяйств основных элементов технологии возделывания сои, что даже при орошении не позволяет достигнуть высокой урожайности. Поэтому подбор сортов сои и внедрение разработанной в Российском научно-исследовательском институте проблем мелиорации (РосНИИПМ) технологии возделывания сои на орошаемых землях актуальны и востребованы, так как в производственных условиях при орошении позволяют получать 3,5–4,5 т/га сои, а на опытных участках урожайность доходит до 5,5 т/га и более [11].

Цель исследований – апробировать в производственных условиях разработанный в РосНИИПМ технологический процесс возделывания сои при орошении с получением урожайности этой культуры 3,5 т/га и более и провести тестирование методов и приборов для определения сроков полива сельскохозяйственных культур.

**Материалы и методы.** В ЗАО «Нива» Веселовского района Ростовской области проводилось внедрение разработанного в ФГБНУ «РосНИИПМ» технологического процесса возделывания сои по разработанным алгоритмам для конкретного поля с учетом предшественника, способов подготовки почвы, плодородия и наличия питательных веществ

в почве, способа полива и сложившихся конкретных агроклиматических условий.

Проводились также исследования, посвященные уточнению методов определения срока полива сои и других пяти культур в системе севооборотов. Сроки рассчитывались по наличию влагозапасов в почве тремя методами: 1) влажность почвы определялась термостатно-весовым методом; 2) по датчикам, установленным в поле, с помощью программного обеспечения для управления ими IrriMAX Live компании Sentek; 3) для сои по метеопараметрам с помощью программы для ЭВМ, разработанной в РосНИИПМ [12].

Наблюдения за ростом, развитием сои, определение водно-физических характеристик (наименьшей влагоемкости (НВ) и плотности сложения) почвы в слое 0,4 и 0,6 м, необходимых для расчета поливной нормы, установление влагозапасов и водопроницаемости проводились по общепринятым методикам<sup>2,3</sup> [13, 14].

**Результаты.** Технологический процесс возделывания сои разрабатывался для конкретного поля № 30 в ЗАО «Нива» с учетом: предшественника и способов основной подготовки почвы; плодородия почвы, наличия питательных веществ в почве, расчета доз минеральных удобрений на планируемую урожайность, проведения подкормок при потребности растений в элементах питания в период вегетации по результатам тканевой диагностики; изменения влагозапасов в почве в результате эвапотранспирации и выпадающих осадков и возможности корректировки поливов для поддержания заданных порогов увлажнения почвы; постоянного мониторинга состояния растений и оперативной корректировки системы защиты растений.

---

<sup>2</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с. EDN: ZJQBUD.

<sup>3</sup>Синеговская В. Т., Наумченко Е. Т., Кобозева Т. П. Методы исследований в полевых опытах с соей: учеб.-метод. пособие. Благовещенск: Одеон, 2016. 115 с. EDN: VTTCGR.

В 2023 г. складывались благоприятные погодные условия для роста и развития сои. За период с апреля по сентябрь сумма температур составила 3566 °С, что на 3,15 % выше среднемноголетних значений, осадков выпало 341,4 мм, что на 27,9 мм больше многолетних данных, гидротермический коэффициент (ГТК) был равен 0,96 против среднемноголетнего 0,72.

Алгоритм планирования агрокомплекса содержал все основные элементы технологии возделывания сои, разработанные в РосНИИПМ. Планируемая урожайность сои при орошении принята в размере 35 ц/га.

На основании многолетних исследований 2017–2022 гг., посвященных изучению различных сортов сои при орошении, был подобран наиболее урожайный сорт СК Планта, оригинатор сорта – ООО «Соевый комплекс», г. Краснодар.

Согласно разработанной системе удобрений предусматривалось внесение фосфорных и калийных удобрений под основную обработку почвы и проведение подкормки в период вегетации с поливной водой, а также внесение микроудобрений по вегетирующим растениям одновременно с пестицидами. Общая норма удобрений составила 415 кг д. в./га, в т. ч. N<sub>130</sub>P<sub>95</sub>K<sub>190</sub>, расчетная норма азота 263 кг д. в./га была снижена на 50 % в связи с инокуляцией семян перед посевом. Под основную обработку почвы (вспашку) были внесены фосфорные удобрения дозой P<sub>100</sub> и калийные – дозой K<sub>190</sub>.

Предшественником являлась кукуруза на зерно. Агротехника включала дискование на глубину 10–12 см и вспашку на глубину 25–27 см. В весенний период проводились боронование и предпосевная культивация. Посев произведен семенами, обработанными клубеньковыми бактериями и фунгицидом Максим, в оптимальный срок 5 мая 2023 г., ширина междурядий 0,7 м, норма высева 600 тыс. всхожих семян на 1 га.

В основные фазы вегетации проводилась тканевая диагностика потребности растений в питательных макро- и микроэлементах и подкормки осуществлялись макроэлементами с поливной водой и микроэлементами

одновременно с обработкой пестицидами для защиты растений от вредителей. Защита растений от сорняков осуществлена путем внесения гербицида Гезагард дозой 3,0 л/га до всходов растений.

Уход за растущей соей заключался в защите растений от сорных растений, вредителей и болезней, подкормке растений и поливах. Сроки полива назначались при снижении влагозапасов в слое почвы 0,6 м до значений, соответствующих 80 % НВ. Для определения наличия влагозапасов в почве и назначения сроков полива применялись различные методы:

- при термостатно-весовом методе периодически с интервалом 5–14 дней;

- датчиками компании Sentek в режиме онлайн;

- по метеопараметрам расчеты ежесуточно с помощью программы для ЭВМ путем снятия данных об осадках, среднесуточной влажности воздуха, температуре воздуха, скорости ветра за прошлые сутки с метеостанции ЗАО «Нива», х. Ленинский, в режиме онлайн в период с 08:00 до 10:00 и занесения их в расчетную таблицу программы, которая автоматически рассчитывала суммарное испарение с поля и влагозапасы.

В 2023 г., как уже отмечалось ранее, осадков выпало 341,4 мм, что на 27,9 мм больше многолетних данных, ГТК был равен 0,96 против среднемноголетнего значения 0,72, поэтому влажность почвы была постоянно высокой, и только в некоторые периоды она опускалась до 80 % НВ в слое 0,6 м (таблица 1).

Рассчитанные термостатно-весовым методом влагозапасы в почве сравнивались с результатами расчета по другим методам. Во втором варианте сроки полива определялись по наличию влагозапасов в почве по данным датчиков влажности почвы фирмы Sentek, работающих в онлайн-режиме. В 2023 г. такие датчики в ЗАО «Нива» были установлены на 19 полях с различными культурами (рисунки 1, 2).

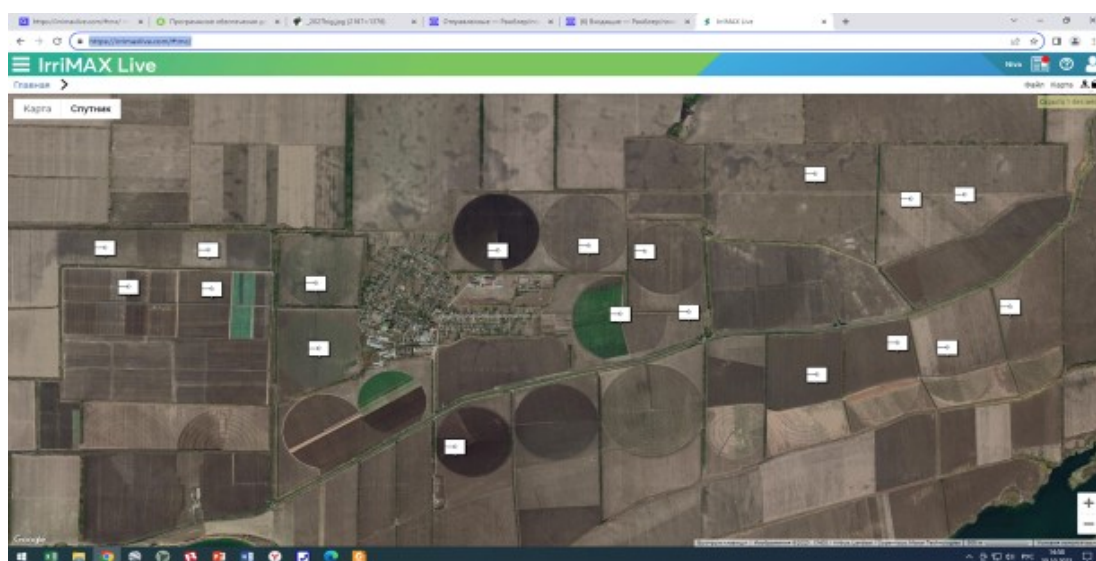
**Таблица 1 – Контроль влажности почвы в динамике, определенной термостатно-весовым методом, поле № 30, соя, 2023 г.**

В % от массы абсолютно сухой почвы

**Table 1 – Control of soil moisture over time, determined by thermostat-weight method, field no. 30, soybeans, 2023**

In % of the mass of absolutely dry soil

Слой почвы, см	Влажность почвы по датам отбора									
	16.05	23.05	06.06	20.06	04.07	15.07	01.08	15.08	30.08	12.09
0–40	27,4	28,8	31,5	28,8	23,8	28,3	28,5	22,1	27,6	28,1
0–60	27,4	27,9	30,8	29,6	23,4	28,2	27,9	22,6	27,9	27,4



**Рисунок 1 – Схема расположения датчиков на полях ЗАО «Нива»**

**Figure 1 – Layout of sensors in the fields of Niva ZAO**

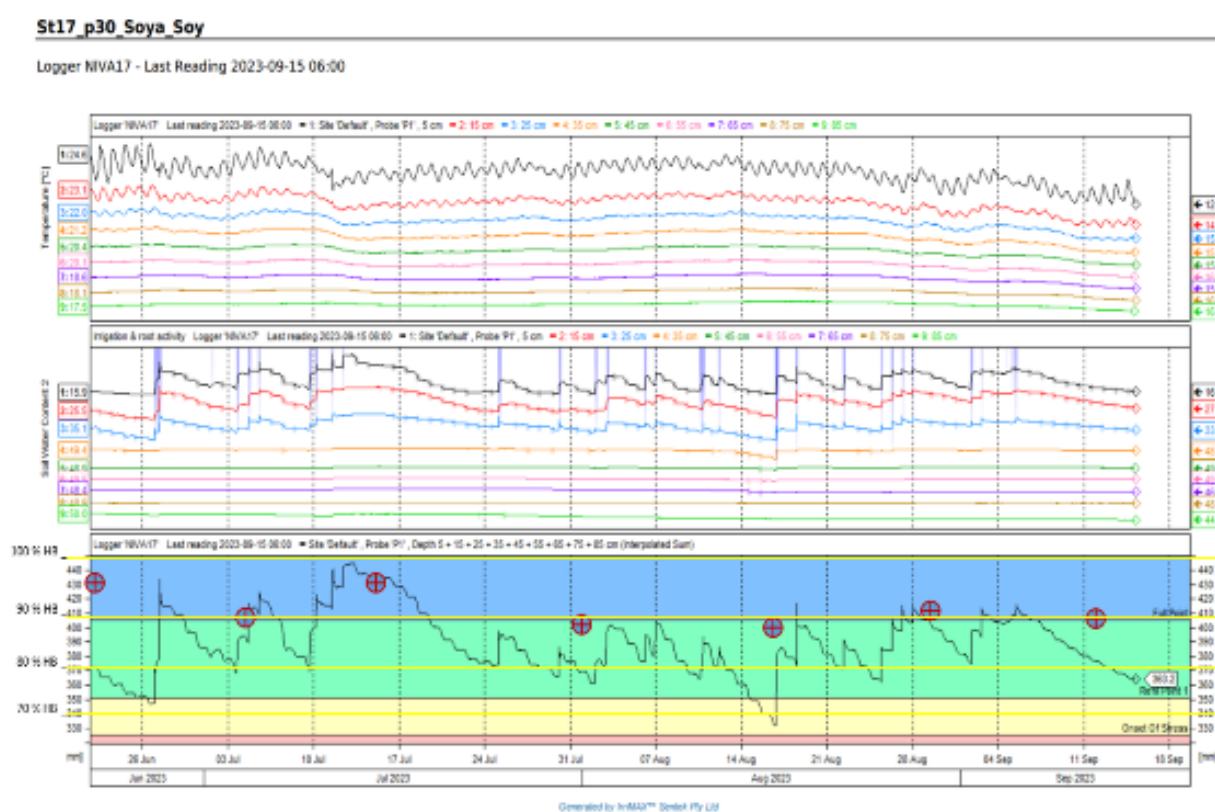


**Рисунок 2 – Датчик влажности почвы фирмы Sentek на посевах сои, 2023 г. (автор фото Г. Т. Балакай)**

**Figure 2 – Sentek soil moisture sensor on soybean crops, 2023 (photo by G. T. Balakay)**



Онлайн-портал IrriMAX Live предлагает ряд вариантов просмотра полученных результатов, включая карты, графики и списки. На рисунке 3 представлен фрагмент графика, показывающего динамику влажности почвы на поле с посевами сои, определенной приборами Sentek. Наиболее показательным на рисунке 3 является нижний график, на котором представлена интегрированная кривая изменения влажности почвы в виде темной линии и красными кружками с крестиком – влажность почвы, определенная термостатно-весовым методом.



**Рисунок 3 – Сравнительные данные: графики средних влагозапасов в расчетном слое по датчикам и при термостатно-весовом способе определения влажности и влагозапасов в почве (точки обозначены красным кругом с перекрестием ☒)**

**Figure 3 – Comparative data: graphs of average moisture reserves in the calculation layer using sensors and the thermostat-weight method of determining humidity and moisture reserves in soil (points are indicated by a red circle with a crosshair ☒)**

Результаты математической обработки полученных средних значений влагозапасов почвы в процентах от НВ, полученных с датчиков и тер-

мостатно-весовым способом, и определения существенности разности выборочных средних по *t*-критерию, полученных с 19 датчиков, были сведены в таблицу 2.

**Таблица 2 – Сводная таблица средних данных о влагозапасах почвы, ЗАО «Нива»**

В % от наименьшей влагоемкости

**Table 2 – Tabulated summary of average data on soil moisture reserves, Niva ZAO**

In % of the minimum moisture capacity

№ поля	Культура	Дата и месяц	Показатель влагозапасов в относительных величинах по датчикам и влажности почвы 100 % НВ	
			Датчик	Термостатно-весовой
1	2	3	4	5
40	Картофель летний	1 августа	91	92
		15 августа	90	88
		30 августа	91	93
		12 сентября	95	93
42/2	Картофель летней посадки	1 августа	86	90
		15 августа	84	83
		30 августа	88	90
		12 августа	84	86
11	Кукуруза на зерно	16 мая	99	98
		23 мая	92	93
		6 июня	100	101
		20 июня	97	97
		4 июля	95	92
		15 июля	92	88
		1 августа	86	93
		15 августа	85	90
		30 августа	91	91
		12 сентября	70	68
1	Лук	16 мая	95	81
		23 мая	90	92
		6 июня	95	77
		1 августа	78	71
38	Картофель весенней посадки	6 июня	91	98
		20 июня	89	92
		4 июля	82	86
		15 июля	92	93
3-4	Картофель весенней посадки	20 июня	92	96
		4 июля	91	92
		15 июля	89	91
		1 августа	86	84

Продолжение таблицы 2

Table 2 continued

1	2	3	4	5
15	Озимая пшеница	16 мая	85	83
		23 мая	88	89
		6 июня	85	88
		20 июня	84	92
		4 июля	92	92
5	Озимая пшеница	16 мая	98	99
		23 мая	78	78
		6 июня	95	101
		20 июня	78	91
		4 июля	86	81
30	Соя	16 мая	92	94
		6 июня	97	103
		20 июня	93	99
		4 июля	92	92
		15 июля	96	95
		1 августа	84	94
		15 августа	89	90
		30 августа	92	94
		12 сентября	85	92
Всего значений			49	49
Сумма значений			4375	4426
Среднее значение			89	90
<i>t</i> -критерий существенности Стьюдента ( <i>t</i> факт.)			0,40	
Критерий существенности <i>t</i> теоретический (находят по справочным таблицам, для 49 наблюдений)			4,08	
Ошибка разности			1,20 %	

Оценка разности средних независимых выборок при одинаковом числе наблюдений  $n_1 = n_2 = 49$  определялась по Б. А. Доспехову [13].

Надежность вывода о существенности или несущественности различий по *t*-критерию Стьюдента устанавливается по критерию существенности разности. Наши расчеты показали, что *t* фактический < *t* теоретического, т. е. различия находятся в пределах случайных колебаний и не наблюдается существенной разницы между двумя методами определения влагозапасов (по датчикам и термостатно-весовым методом), расхождения показателей двух методов составляют 1,2 %.

Третий метод определения сроков полива основан на многолетних исследованиях (25 лет и более) водопотребления растений, анализе и получении зависимостей суммарного водопотребления растений от климатических условий в виде биоклиматических коэффициентов водопотребления культур, в данном случае – для сои. Анализ показал, что наиболее тесные связи водопотребления сои с метеопараметрами дают дефицит влажности воздуха или испаряемость. В программном обеспечении биоклиматические коэффициенты позволяют рассчитать суммарное водопотребление сои за сутки и изменение влагозапасов, окно программы приведено на рисунке 4.

Дата	T, °C	U, %	P, мм	f, м/с	P <sub>доп</sub> , мм	d <sub>i</sub> , мб	Σd <sub>i</sub> , мб	k <sub>i</sub>	ET, мм	W <sub>доп</sub> , мм	Полив	Номер полива
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
01.08.2023	27,4	45	0	1,3	0,0	7,3	368,8	0,7	5,3	105,2	10	4
02.08.2023	27	59	0	1,2	0,0	5,4	374,2	0,7	3,9	101,3		
03.08.2023	25,2	75	0	1,1	0,0	3,2	377,4	0,7	2,3	98,9		
04.08.2023	27,5	64	0	1	0,0	4,8	382,2	0,7	3,5	105,4	10	5
05.08.2023	29,7	46	0	1,6	0,0	7,7	389,9	0,7	5,6	99,8		
06.08.2023	31,8	35	0	2,1	0,0	9,7	399,6	0,7	7,1	102,7	10	6
07.08.2023	30	42	0	2,3	0,0	8,3	407,9	0,7	6,1	96,6		
08.08.2023	28,6	52	0	1,6	0,0	6,6	414,5	0,7	4,9	101,7	10	7
09.08.2023	27,9	52	0	0,9	0,0	6,5	420,9	0,7	4,8	96,9		
10.08.2023	24,9	73	16,2	2,7	11,3	3,4	424,3	0,7	2,5	105,7		
11.08.2023	29,9	56	0	2,9	0,0	6,2	430,5	0,7	4,6	101,1		
12.08.2023	27,9	71	6,4	1,5	4,5	4,0	434,5	0,7	3,0	102,6		
13.08.2023	25,8	62	0	1,8	0,0	4,8	439,3	0,7	3,6	99,0		
14.08.2023	24,9	51	0	1,6	0,0	6,1	445,4	0,8	4,6	104,4	10	8
15.08.2023	25,4	54	0	1,5	0,0	5,8	451,2	0,8	4,4	100,1		

**Рисунок 4 – Расчет сроков полива по метеопараметрам, метеостанция ЗАО «Нива», 2023 г.**

**Figure 4 – Calculation of irrigation time based on meteorological parameters, weather station Niva ZAO, 2023**

Сравнение представленных выше способов назначения сроков полива (термостатно-весовым методом и Sentek) с третьим (по метеопараметрам с программным обеспечением РосНИИПМ) показало, что оросительная норма была одинаковой во всех случаях – по 2200 м<sup>3</sup>/га, при равных количествах полива – 21 шт. При этом необходимо отметить, что большее количество поливов связано с высокой интенсивностью дождя и неудовле-

творительной водопроницаемостью почвы – менее 30 мм в первый час впитывания, в связи с этим при увеличении поливной нормы более 10–20 мм происходил ирригационный сток и эрозия почвы. Для возможности увеличения поливной нормы до 40–50 мм необходимо снизить интенсивность дождя в 3 раза или требуется ежегодно проводить глубокое рыхление почвы на 0,45 м.

Апробация методов определения влагозапасов в почве и назначения сроков полива показала, что все три метода можно рекомендовать к использованию для определения сроков полива сельскохозяйственных культур. При этом первый способ – термостатно-весовой метод – трудоемок, поэтому используется в основном при необходимости корректировки режима орошения и в научных исследованиях, как один из наиболее точных. Второй (датчики Sentek) требует больших денежных затрат на приобретение и эксплуатацию. Третий способ – определение сроков полива по метеопараметрам – наиболее экономичен и высокопроизводителен при расчетах влагозапасов и корректировке сроков полива, но требует наличия метеостанции и адаптации программы к местным условиям влагообеспеченности путем корректировки биоклиматических коэффициентов, которые можно скорректировать и уточнить уже в первый год внедрения программы.

## **Выводы**

1 Исследования показали, что методы определения влагозапасов в почве и назначения сроков полива: термостатно-весовой метод, использование датчиков Sentek и программы для ЭВМ с расчетом по метеопараметрам, дают равнозначные величины влагозапасов в почве и сроки полива совпадают. Математическая обработка данных о влагозапасах показала незначительную разницу по  $t$ -критерию Стьюдента, расхождения осредненных показателей по критерию  $t$  составляют 1,2 %.

2 Сравнение представленных выше способов назначения сроков по-

лива показало, что оба первых метода можно рекомендовать для использования в сельскохозяйственном производстве с целью определения сроков полива сельскохозяйственных культур, причем способ с применением датчиков Sentek требует больших денежных затрат на их приобретение и ежегодную эксплуатацию, а термостатно-весовой метод трудоемок, поэтому рекомендуется использовать его при возникновении необходимости уточнения влагозапасов в почве для корректировки режима орошения.

3 Третий способ определения сроков полива по метеопараметрам наиболее экономичен и высокопроизводителен при расчетах влагозапасов и корректировке сроков полива, но требует наличия метеостанции и адаптации программы к местным условиям влагообеспеченности в сельхозпредприятии путем корректировки биоклиматических коэффициентов, которые можно скорректировать и уточнить уже в первый год внедрения программы.

### **Список источников**

1. Кривошлыков К. М., Рощина Е. Ю., Козлова С. А. Анализ состояния и развития производства сои в мире и России // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2016. № 3(167). С. 64–69. EDN: WWTJLB.

2. Тлеулина З. Т., Омельянюк Л. В., Кипшакбаева Г. А. Комплексная оценка сортов сои мировой селекции в условиях Северного Казахстана // Масличные культуры. 2023. Вып. 1(193). С. 26–32. DOI: 10.25230/2412-608X-2023-1-193-26-32. EDN: GPNTJP.

3. Перспективность возделывания сортов сои селекции ВНИИМК на орошаемых землях Ростовской области / Р. Е. Юркова, Р. С. Масный, Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева // Аграрная наука и производство в условиях становления цифровой экономики Российской Федерации: материалы междунар. науч.-практ. конф., пос. Персиановский, 7–9 февр. 2023 г. Т. 1. Персиановский: Донской ГАУ, 2023. С. 189–197. EDN: LYLEMZ.

4. Вчерашний Е. А., Желязко В. И. Биоклиматические коэффициенты водопотребления сои и их изменчивость // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4. С. 127–131. EDN: JMJLIL.

5. Мухамеджанов Ш. Ш., Налойченко А. О., Атаканов А. Ж. Как определить дату очередного полива и рассчитать норму вегетационного орошения в полевых условиях: брошюра / Кыргыз. НИИ ирригации. Бишкек, 2009. 21 с. (Сер. «В помощь фермеру и АВП». Вып. 6).

6. Желязко В. И., Вчерашний Е. А. Оценка точности расчета водопотребления сои биоклиматическим методом // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3. С. 207–211. EDN: PWEKNV.

7. Row spacing and irrigation management affect soybean yield, water use efficiency

and economics / B. Singh, G. Kaur, N. E. Quintana-Ashwell, G. Singh, T. H. Lo, K. A. Nelson // *Agricultural Water Management*. 2023. Vol. 277. 108087. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.108087>.

8. Балакай Г. Т., Балакай Н. И. Методика расчета и корректировки сроков полива сельскохозяйственных культур // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]*. 2017. № 1(25). С. 32–49. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=296> (дата обращения: 01.02.2024). EDN: XWNOQV.

9. Мониторинг эвапотранспирации на сельскохозяйственном поле, определение норм и сроков полива автоматизированным мобильным полевым агрометеорологическим комплексом / А. Е. Ефимов, Ю. Р. Ситдикова, А. В. Доброхотов, Л. В. Козырева // *Водные ресурсы*. 2018. Т. 45, № 1. С. 100–105. DOI: 10.7868/S032105961801008X. EDN: YMEEZJ.

10. Данилов М. В., Пьянов В. С., Мамаджонов Р. М. Методы планирования сроков полива сельскохозяйственных культур // *Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: сб. науч. ст. по материалам XIII Междунар. науч.-практ. конф., в рамках XVIII Междунар. агропром. выст. «Агроуниверсал – 2017»*. Ставрополь, 2017. С. 246–250. EDN: ZHDWLV.

11. Балакай Г. Т., Юркова Р. Е., Докучаева Л. М. Формирование урожайности сортов сои различных групп спелости под влиянием способов посева и норм высева // *Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]*. 2023. Т. 13, № 2. С. 198–211. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1363> (дата обращения: 01.02.2024). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-2-198-211>. EDN: LDOMSE.

12. Расчет сроков полива сои по метеопараметрам: свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2020611896 / Васильев С. М., Балакай Г. Т., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е., Селицкий С. А.; правообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. Заявка № 2020667385; заявл. 26.12.19; опубл. 12.02.20. EDN: JEQKF.

13. Методика полевого опыта в условиях орошения: рекомендации / сост. В. Н. Плешаков; ВНИИОЗ. Волгоград, 1983. 150 с.

14. Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, О. Ю. Шалашова, Г. И. Табала; под общ. ред. В. Н. Щедрина. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. 137 с. EDN: XXFRBZ.

## References

1. Krivoshlykov K.M., Roshchina E.Yu., Kozlova S.A., 2016. *Analiz sostoyaniya i razvitiya proizvodstva soi v mire i Rossii* [Analysis of state and development of soybean production in the world and Russia]. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskiy byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur* [Oilseed Crops. Scientific and Technical Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Oilseeds], no. 3(167), pp. 64-69, EDN: WWTJLB. (In Russian).

2. Tleulina Z.T., Omelyanyuk L.V., Kipshakbaeva G.A., 2023. *Kompleksnaya otsenka sortov soi mirovoy seleksii v usloviyakh Severnogo Kazakhstana* [Comprehensive assessment of soybean cultivars of world selection under conditions of Northern Kazakhstan]. *Maslichnye kul'tury* [Oilseed Crops], iss. 1(193), pp. 26-32, DOI: 10.25230/2412-608X-2023-1-193-26-32, EDN: GPNTJP. (In Russian).

3. Yurkova R.E., Masny R.S., Balakay G.T., Dokuchaeva L.M., 2023. *Perspektivnost' vzdelyvaniya sortov soi seleksii VNIIMK na oroshaemykh zemlyakh Rostovskoy oblasti* [Prospects for cultivating soybean cultivars bred by VNIIMK on irrigated lands in Rostov region]. *Agrarnaya nauka i proizvodstvo v usloviyakh stanovleniya tsifrovoy ekonomiki Rossiyskoy Federatsii: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Agrarian

Science and Production in the Emerging Conditions of Digital Economy of the Russian Federation: Proc. of the International Scientific-Practical Conference], vol. 1, Persianovsky, Don State Agrarian University, pp. 189-197, EDN: LYLEMZ. (In Russian).

4. Vcherashniy E.A., Zhelyazko V.I., 2023. *Bioklimaticheskie koeffitsienty vodopotrebleniya soi i ikh izmenchivost'* [Bioclimatic coefficients of water consumption of soybeans and their variability]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of Belarusian State Agricultural Academy], no. 4, pp. 127-131, EDN: JMJLIL. (In Russian).

5. Mukhamedzhanov Sh.Sh., Naloichenko A.O., Atakanov A.Zh., 2009. *Kak opredelit' datu ocherednogo poliva i rasschitat' normu vegetatsionnogo orosheniya v polevykh usloviyakh: broshyura* [How to Determine the Date of the Next Irrigation and Calculate the Rate of Vegetation Irrigation under Field Conditions: Brochure]. Kyrgyz Research Institute of Irrigation, Bishkek, 21 p. Series "To help the farmer and water users association", iss. 6. (In Russian).

6. Zhelyazko V.I., Vcherashniy E.A., 2023. *Otsenka tochnosti rascheta vodopotrebleniya soi bioklimaticheskim metodom* [Assessment of the accuracy of calculating water consumption of soybeans using the bioclimatic method]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of Belarusian State Agricultural Academy], no. 3, pp. 207-211, EDN: PWEKNV. (In Russian).

7. Singh B., Kaur G., Quintana-Ashwell N.E., Singh G., Lo T.H., Nelson K.A., 2023. Row spacing and irrigation management affect soybean yield, water use efficiency and economics. *Agricultural Water Management*, vol. 277, 108087, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.108087>.

8. Balakay G.T., Balakay N.I., 2017. [Calculation and correction methodologies of crop irrigation schedule]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 1(25), pp. 32-49, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=296> [accessed 01.02.2024], EDN: XWNOQV. (In Russian).

9. Efimov A.E., Sitdikova Yu.R., Dobrokhotov A.V., Kozyreva L.V., 2018. *Monitoring evapotranspiratsii na sel'skokhozyaystvennom pole, opredelenie norm i srokov poliva avtomatizirovannym mobil'nym polevym agrometeorologicheskim kompleksom* [Monitoring evapotranspiration in an agricultural field and determining the irrigation rates and dates by automated mobile field agrometeorological complex]. *Vodnye resursy* [Water Resources], vol. 45, no. 1, pp. 100-105, DOI: 10.7868/S032105961801008X, EDN: YMEEZJ. (In Russian).

10. Danilov M.V., Pyanov V.S., Mamajonov R.M., 2017. *Metody planirovaniya srokov poliva sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Methods for planning the time of irrigation of agricultural crops]. *Aktual'nye problemy nauchno-tehnicheskogo progressa v APK: sb. nauchnykh statey po materialam XIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, v ramkakh XVIII Mezhdunarodnoy agropromyshlennoy vystavki "Agrouniversal – 2017"* [Current Issues of Scientific and Technical Progress in the Agro-Industrial Complex: Collection of Scientific Articles based on Proc. of the XIII International Scientific-Practical Conference within the Framework of the XVIII International Agroindustrial Exhibition "Agrouniversal – 2017"]. Stavropol, pp. 246-250, EDN: ZHDWLV. (In Russian).

11. Balakay G.T., Yurkova R.E., Dokuchaeva L.M., 2023. [Yield formation of soybean varieties of different groups of ripeness under the influence of sowing methods and seeding rates.]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 13, no. 2, pp. 198-211, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1363> [accessed 01.02.2024], <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-2-198-211>, EDN: LDOMSE. (In Russian).

12. Vasiliev S.M., Balakay G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Selitskiy S.A., 2020. *Raschet srokov poliva soi po meteoparametram: svidetel'stvo o gos. registratsii programmy dlya EVM* [Calculation of Timing of Soybean Irrigation Based on Meteorological Parameters]. State Certificate Registration of Computer Program, no. 2020611896, EDN: JIEQKF. (In Russian).



13. Pleshakov V.N. (comp.), 1983. *Metodika polevogo opyta v usloviyakh orosheniya: rekomendatsii* [Methodology of Field Experiment under Irrigation Conditions: recommendations]. VNIIOZ, Volgograd, 150 p. (In Russian).

14. Shchedrin V.N., Balakay G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Shalashova O.Yu., Tabala G.I., 2017. *Rukovodstvo po kontrolyu i regulirovaniyu pochvennogo plodorodiya oroshaemykh zemel'* [Guidance on the Control and Regulation of Soil Fertility of Irrigated Lands]. Novocherkassk, RosNIIPM, 137 p., EDN: XXFRB. (In Russian).

---

#### ***Информация об авторах***

**Р. С. Масный** – ведущий научный сотрудник, кандидат военных наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, [rosniipm@yandex.ru](mailto:rosniipm@yandex.ru), AuthorID: 1102932, ORCID ID: 0000-0002-0254-738X;

**Г. Т. Балакай** – главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, [balakaygt@rambler.ru](mailto:balakaygt@rambler.ru), AuthorID: 267782, ORCID ID: 0000-0001-8021-6853;

**А. Н. Бабичев** – ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, [babichevan2006@yandex.ru](mailto:babichevan2006@yandex.ru), AuthorID: 195832, ORCID ID: 0000-0003-1146-7530;

**С. А. Селицкий** – старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, [ssilja@yandex.ru](mailto:ssilja@yandex.ru), AuthorID: 432328, ORCID ID: 0000-0002-4771-4516.

#### ***Information about the authors***

**R. S. Masnyi** – Leading Researcher, Candidate of Military Sciences, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, [rosniipm@yandex.ru](mailto:rosniipm@yandex.ru), AuthorID: 1102932, ORCID ID: 0000-0002-0254-738X;

**G. T. Balakay** – Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, [balakaygt@rambler.ru](mailto:balakaygt@rambler.ru), AuthorID: 267782, ORCID ID: 0000-0001-8021-6853;

**A. N. Babichev** – Leading Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, [babichevan2006@yandex.ru](mailto:babichevan2006@yandex.ru), AuthorID: 195832, ORCID ID: 0000-0003-1146-7530;

**S. A. Selitskiy** – Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, [ssilja@yandex.ru](mailto:ssilja@yandex.ru), AuthorID: 432328, ORCID ID: 0000-0002-4771-4516.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.  
Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.*

*All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 08.02.2024; одобрена после рецензирования 04.03.2024; принята к публикации 12.03.2024.*

*The article was submitted 08.02.2024; approved after reviewing 04.03.2024; accepted for publication 12.03.2024.*