

## МЕЛИОРАЦИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

УДК 631.6

### ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ ОРОСИТЕЛЬНОЙ НОРМЫ ПРИ РАЗНЫХ СЦЕНАРИЯХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАТЫ НАЧАЛА ПОЛИВА

И. А. РОМАНОВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 03.03.2022)

*Изменение климата и увеличение частоты засушливых явлений меняет роль оросительных мелиораций в Беларуси. Из средства интенсификации сельского хозяйства орошение постепенно преобразуется в средство сохранения урожая. В статье выполнено сравнение разных сценариев определения даты полива многолетних трав и определено количество воды, которое расходуется на орошение. В первом сценарии поливы производятся при отсутствии осадков за интервал времени, во втором сценарии используется научно обоснованный метод водного баланса почвы.*

*Установлено, что планирование даты полива по атмосферным осадкам (сценарий 1) требует в среднем большую величину оросительной нормы. При обеспеченности по осадкам выше 66 %, поливы через 10 дней не позволяют компенсировать дефицит почвенной влаги, так как за время вегетации наблюдается более 35 дней с влагозапасами менее 60 % от наименьшей влагоемкости. При поливе по достижению влажности нижнего предела в 60 % от наименьшей влагоемкости в засушливые годы (обеспеченность по осадкам выше 66 %) величина оросительной нормы больше в среднем на 38 мм. Однако снижение влагозапасов ниже установленного предела при данном сценарии не допускается и потери урожая не наблюдаются. При обеспеченности по осадкам ниже 66 %, растет экономия воды при использовании сценария 2. Расчеты показали, что оросительная норма в среднем меньше на 22 мм по сравнению со сценарием 1. Для сценария 1 наблюдается снижение влагозапасов ниже оптимальных пределов, в среднем на 8 суток за вегетацию.*

*Точное определение даты полива путем водобалансовых расчетов является существенным резервом экономии ресурсов при орошении.*

**Ключевые слова:** орошение, водопотребление, оросительная норма, наименьшая влагоемкость, водный баланс.

*Climate change and an increase in the frequency of drought events are changing the role of irrigation melioration in Belarus. From a means of intensifying agriculture, irrigation is gradually being transformed into a means of preserving crops. The article compares different scenarios for determining the date of irrigation of perennial grasses and determines the amount of water that is spent on irrigation. In the first scenario, irrigation is carried out in the absence of precipitation for a time interval, in the second scenario, a scientifically based method of soil water balance is used.*

*It has been established that planning the irrigation date based on precipitation (scenario 1) requires, on average, a large irrigation rate. If the rainfall is higher than 66%, irrigation after 10 days does not allow compensating for the deficiency of soil moisture, since more than 35 days are observed during the growing season with moisture reserves of less than 60 % of the lowest moisture capacity. During irrigation, when the humidity reaches the lower limit of 60 % of the lowest moisture capacity in dry years (precipitation availability is above 66 %), the irrigation norm is on average 38 mm higher. However, a decrease in moisture reserves below the established limit under this scenario is not allowed and no crop losses are observed. When the rainfall is below 66 %, water savings increase when using scenario 2. Calculations showed that the irrigation rate is on average 22 mm less than in scenario 1. For scenario 1, there is a decrease in moisture reserves below the optimal limits, on average by 8 days per vegetation.*

*Accurate determination of the date of irrigation by water balance calculations is a significant reserve for saving resources during irrigation.*

**Key words:** irrigation, water consumption, irrigation rate, minimum moisture capacity, water balance.

#### Введение

Территорию Беларуси принято относить к зоне с достаточным увлажнением. Однако анализ природно-климатических изменений за последние 30 лет показывает рост количества засушливых периодов и неравномерность распределения атмосферных осадков внутри вегетационного сезона. С 1989 г. наблюдается самый продолжительный период потепления за все время инструментальных наблюдений за температурой воздуха на протяжении последних почти 130 лет [1]. В результате изменения климата частым явлением стали теплые зимы, волны тепла, раннее наступление весны и экстремально высокие температуры воздуха в летний период. Агроклиматические области сместились на 100–150 км на север, а на юге Белорусского Полесья образовалась четвертая новая, более теплая

агроклиматическая область [2]. В данных условиях оросительные мелиорации из средства интенсификации сельского хозяйства в обозримом будущем могут стать средством сохранения урожая.

Орошение получило свое развитие на территории Республики Беларусь сравнительно недавно. В 60-х годах прошлого века начали проводить первые опыты по орошению овощных культур в производственных условиях. В настоящее время накоплен практический опыт орошения различных культур. В работах А. П. Лихацевича [3], М. Г. Голченко [4], В. И. Желязко [5] и др. отражены фундаментальные положения по орошению в природно-климатических условиях Беларуси. Исследования по орошению за последние несколько лет таких культур, как японское просо [6, 7], многолетние травы [8, 9], сахарная свекла [10, 11], соя [12] показывают значительные прибавки урожая и экономическую эффективность применения орошения в современных экономических условиях.

Однако анализ научных работ показывает недостаточную разработанность вопроса по определению сроков полива. Классическое определение динамики влажности почвы термостатно-весовым способом, широко используемом при проведении полевых опытов на небольших делянках, трудно использовать в производственных условиях. Использование цифровых датчиков влажности почвы требует дорогостоящего импортного оборудования и, при наличии значительных площадей оросительных массивов, является экономически нецелесообразным. Таким образом, наибольшее распространение получили расчетные методы определения сроков полива и динамики влажности почвы. К примеру, метод водного баланса почвы, который учитывает приходные (осадки, поливы) и расходные (водопотребление, поверхностный и внутрипочвенный сток) элементы позволяет определить не только текущую динамику влажности почвы, но и позволяет провести ретроспективный анализ водного баланса [13, 14]. Это позволяет проанализировать многолетние данные и установить оптимальный режим орошения.

#### **Основная часть**

Проанализируем с помощью ретроспективного расчета методом водного баланса почвы различные сценарии определения даты начала полива и определим количество затраченной воды на орошение за вегетационный период (оросительную норму).

Первый сценарий определения даты полива – это полив по атмосферным осадкам. Полив производится при отсутствии атмосферных осадков за интервал времени. Данный сценарий не учитывает влагозапасы почвы и оптимальные пределы влажности почвы. Однако определение даты начала полива не требует дополнительных затрат и усилий. В качестве интервала времени без осадков мы примем ЕЗП (единичный засушливый период). ЕЗП – это интервал времени в 10 суток, за который выпало менее 5 мм осадков [15].

Второй сценарий определения даты полива – это полив при достижении заданного предела влажности почвы. В мелиоративной практике принято использовать % влажности почвы от наименьшей влагоемкости. Данный сценарий позволяет обеспечить оптимальные условия влажности почвы и оптимизировать затраты на полив. В данном случае за нижний предел влажности почвы мы примем 60 % от наименьшей влагоемкости. Данный предел влажности почвы близок к влажности разрыва гидростатических связей между водами в капиллярах супесчаных почв, прекращение ее перемещения к корням растений. Дальнейшее снижение почвенных влагозапасов может привести к значительным потерям урожая.

Величину оросительной нормы мы оценим путем ретроспективного расчета водного баланса почвы за период с 1980 по 2016 годы. Осадки и максимальная температура воздуха приняты по метеостанции Минск (ВМО 26850), как характеризующие климатические условия центральной части Республики Беларусь. В качестве орошаемой культуры использовались биотермические коэффициенты многолетних трав трехукосного использования [16]. Почвы супесчаные с наименьшей влагоемкостью для слоя 0–50 см равной 100 мм. Расчетный интервал принят – 1 сутки. Начальные влагозапасы приняты равными наименьшей влагоемкости. Поливная норма – 20 мм. Водобалансовый расчет велся с 21 апреля по 30 сентября по формуле:

$$W_k = W_n + (P + m) - (\varphi E + C), \quad (1)$$

где  $W_k$  – конечные влагозапасы;  $W_n$  – начальные влагозапасы,  $P$  – осадки;  $m$  – поливная норма;  $\varphi$  – коэффициент, учитывающий увлажненность почвы,  $E$  – эвапотранспирация культуры,  $C$  – внутрипочвенный сток.

Водопотребление многолетних трав определялась по формуле (2):

$$E = 0,1K_{tm} \cdot \sum t_m, \quad (2)$$

где  $E$  – эвапотранспирация культуры;  $K_{tm}$  – биотермический коэффициент культуры,  $\sum t_m$  – сумма максимальных суточных температур за предыдущие даты расчета 10 суток.

Биотермические коэффициенты для многолетних трав, как и коэффициент, учитывающий увлажненность почвы, взяты согласно рекомендациям [16]:

$$\varphi = \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{W_{нв}}{W_n} - 1 \right)^2 \right], \quad (3)$$

где  $W_{нв}$  – наименьшая влагоемкость;  $W_n$  – влагозапасы на начало суток.

Внутрипочвенный сток определялся по формуле (4):

$$C = (W_n - E_m - W_{нв}) \left( \frac{t}{T} \right)^a + P \left( \frac{t}{T} \right)^b, \quad (4)$$

где  $C$  – внутрипочвенный сток;  $t$  – продолжительность расчетного интервала (одни сутки);  $T$  – количество суток до полного стекания гравитационной влаги из расчетного слоя (двое суток);  $a$  и  $b$  – эмпирические коэффициенты, для супесей равны 0,25 и 1,0 соответственно [16].

Полученные результаты водобалансовых расчетов при разных сценариях орошения отражены в таблице.

**Величина оросительной нормы при разных сценариях орошения за 1980–2016 гг. на супесчаных почвах**

Обеспеченность по осадкам, %	Атмосферные осадки за вегетацию, мм	Оросительная норма (М) при разных сценариях орошения, мм				$\Delta M = M_1 - M_2$
		Сценарий 1		Сценарий 2		
		Количество дней с влагозапасами менее 0,6 НВ	Оросительная норма (М <sub>1</sub> )	Количество дней с влагозапасами менее 0,6 НВ	Оросительная норма (М <sub>2</sub> )	
98,1	219,3	41	160	0	200	-40
95,5	232,2	42	120		180	-60
92,8	248,6	15	220		220	0
90,1	255,1	80	120		200	-80
87,4	257,5	63	120		180	-60
84,8	264,9	27	100		120	-20
82,1	286,4	39	100		160	-60
79,4	289,9	6	140		140	0
76,7	325,8	9	120		140	-20
74,1	340,6	19	80		100	-20
71,4	340,7	35	100		160	-60
68,7	345	44	60		100	-40
<b>66</b>	<b>347,4</b>	<b>0</b>	<b>120</b>		<b>20</b>	<b>100</b>
63,4	348,2	6	100		80	20
60,7	350,8	22	120		140	-20
58	356,4	0	120		80	40
55,3	360,2	11	120		120	0
52,7	365	11	80		60	20
50	365,8	5	100		100	0
47,3	369,1	0	120		100	20
44,7	395,1	9	100		100	0
42	406,1	1	80		80	0
39,3	408	12	80		80	0
36,6	412,1	0	100		20	80
34	413,9	29	100		120	-20
31,3	416,1	14	60		60	0
28,6	423,7	7	100		120	-20
25,9	424,1	0	80		40	40
23,3	429,9	0	160		40	120
20,6	438,1	5	100		40	60
17,9	442,3	6	120		100	20
15,2	456,2	0	60		40	20
12,6	475,6	16	100	80	20	
9,9	516,5	0	120	100	20	
7,2	519,2	20	40	40	0	
4,5	548,4	19	40	60	-20	
1,9	616,9	0	60	0	60	
<b>Среднее</b>		<b>17</b>	<b>103</b>		<b>101</b>	<b><math>\Sigma=100</math></b>

По результатам ретроспективного расчета за 1980–2016 гг., на супесчаных почвах практически в каждый год требуется дополнительное увлажнение. При поливе по сценарию 1, оросительная норма изменялась от 40 мм до 220 мм, при сценарии 2 – от 0 мм до 220 мм. При этом полив не требовался только при обеспеченности по осадкам в 1,9 %.

Анализ таблицы показывает, что планирование даты полива по атмосферным осадкам (сценарий 1) требует в среднем большую величину оросительной нормы. Назначение даты полива по атмосферным осадкам позволило только в 7 расчетных годах из 37 сохранить уровень влажности почвы на достаточном уровне (количество дней с влагозапасами менее 0,6 НВ равны нулю). При обеспеченности по осадкам выше 66 %, поливы через 10 дней не позволяют компенсировать дефицит почвенной влаги, так как за время вегетации наблюдается более 35 дней с влагозапасами менее 60 % от наименьшей влагоемкости. При поливе по достижению влажности нижнего предела в 60 % от наименьшей влагоемкости в засушливые годы (обеспеченность по осадкам выше 66 %) величина оросительной нормы больше в среднем на 38 мм, причем снижение влагозапасов ниже установленного предела при данном сценарии не допускается, а следовательно, и потери урожая не наблюдаются. При обеспеченности по осадкам ниже 66 %, растет экономия воды при использовании сценария 2. Расчеты показали, что оросительная норма в среднем меньше на 22 мм по сравнению со сценарием 1. Для сценария 1 также наблюдается снижение влагозапасов ниже оптимальных пределов, в среднем на 8 суток за вегетацию.

### **Заключение**

Оросительные мелиорации в условиях изменения климата являются одной из возможностей сохранить и приумножить урожай. Ретроспективные расчеты водного баланса супесчаных почв при выращивании многолетних трав показывают нам необходимость дополнительного орошения вне зависимости от обеспеченности по осадкам.

Рассмотренные нами сценарии определения даты начала полива показывают, что полив по атмосферным осадкам, несмотря на простоту, имеет ряд серьезных недостатков. Полив по атмосферным осадкам не всегда обеспечивает оптимальный водный режим почв для растений, при обеспеченности по осадкам выше 66 %, поливы через 10 дней не позволяют компенсировать дефицит почвенной влаги, так как за время вегетации наблюдается более 35 дней с влагозапасами менее 60 % от наименьшей влагоемкости. Величина оросительной нормы больше в среднем на 38 мм, чем полив по сценарию 2, с точным определением даты полива.

Таким образом, точное определение даты полива путем водобалансовых расчетов является существенным резервом экономии ресурсов при орошении. Развитие оросительных мелиораций залог высоких урожаев при изменении климата.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Мельник, В. И. Основные результаты мониторинга изменения климата на территории Республики Беларусь / В. И. Мельник // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 6–7 апреля 2016, Брест (Республика Беларусь). – Брест, 2016. – С. 228–235.
2. Оценка агроклиматических ресурсов территории Беларуси за период с 1989 по 2015 г. / В. И. Мельник [и др.] // Природные ресурсы. – 2018. – № 2. – С. 88–101.
3. Лихачевич, А. П. Управление режимом орошения сельскохозяйственных культур в условиях Беларуси / А. П. Лихачевич, Г. В. Латушкина, И. А. Романов // Мелиорация. – 2019. – № 2(88). – С. 18–25.
4. Голченко, М. Г. Способы и устройства для совершенствования оперативного управления эксплуатационными режимами орошения дождеванием / М. Г. Голченко, Д. А. Емельяненко, Д. В. Яланский // Мелиорация. – 2016. – № 1(75). – С. 21–25.
5. Желязко, В. И. О пригодности сточных вод предприятий агропромышленного комплекса для удобрительного орошения / В. И. Желязко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 122–130.
6. Желязко, В. И. Влияние минеральных удобрений и орошения дождеванием на урожайность японского проса в северо-восточной части Республики Беларусь / В. И. Желязко, В. М. Лукашевич // Агротехнический вестник. – 2015. – № 4. – С. 20–23.
7. Лукашевич, В. М. Экономическая и энергетическая оценка возделывания японского проса на зеленую массу при дождевании / В. М. Лукашевич // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4. – С. 116–119.
8. Романов, И. А. Анализ потерь внутрипочвенной влаги на сток при разных режимах орошения многолетних трав / И. А. Романов // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 206–210.
9. Алехина, Ю. В. Особенности биологического развития клевера лугового при дополнительном увлажнении дождеванием / Ю. В. Алехина, Д. А. Дрозд // Современное состояние, приоритетные задачи и перспективы развития аграрной науки на мелиорированных землях: Материалы международной научно-практической конференции, Тверь, 25 сентября 2020 года. – Тверь: Тверской государственный университет, 2020. – С. 93–99.
10. Набздоров, С. В. Динамика роста и урожай сахарной свеклы, возделываемой при разных режимах влагообеспеченности на суглинистых почвах в условиях Востока Беларуси / С. В. Набздоров // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1. – С. 140–143.

11. Набздоров, С. В. Влияние орошения на рост, развитие и урожайность сахарной свеклы / С. В. Набздоров // Мелиорация. – 2019. – № 4(90). – С. 66–73.
12. Дуброва, Ю. Н. Перспективы культивирования сои в условиях Республики Беларусь / Ю. Н. Дуброва, Е. А. Вчерашний // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции. В 2-х книгах, Барнаул, 09–10 февраля 2021 года. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2021. – С. 148–149.
13. Романов, И. А. Использование ретроспективной метеоинформации в расчетах водного баланса почвы / И. А. Романов // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 196–200.
14. Левшунов, И. А. Зависимость поверхностного стока от основных почвенно-климатических факторов в условиях Северо-Восточной части Беларуси / И. А. Левшунов // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 3. – С. 123–125.
15. Вихров, В. И. Ретроспективные расчеты и пространственно-временная изменчивость сезонных показателей водного режима почв на территории Беларуси / В. И. Вихров. – Горки, 2019. – 176 с.
16. Рекомендации по управлению дождеванием в производственных условиях, обеспечивающему за счет оперативности и повышения качества полива условия для получения максимальной прибыли от орошения сельскохозяйственных культур: рекомендации / А. С. Анженков [и др.]. – Минск: РУП «Институт мелиорации», 2020. – 38 с.