

## МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.559:631.671

doi: 10.31774/2712-9357-2026-16-2-1-15

### Унифицированная модель определения урожайности при изменении дефицита водопотребления различных сельскохозяйственных культур для условий аридной зоны юга России

Владимир Иванович Ольгаренко<sup>1</sup>, Игорь Владимирович Ольгаренко<sup>2</sup>,  
Александр Васильевич Колганов<sup>3</sup>, Владимир Игоревич Ольгаренко<sup>4</sup>

<sup>1, 2</sup>Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

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

<sup>1</sup>nimi-info@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4399-997X>

<sup>2</sup>nimi-info@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4865-5642>

<sup>3</sup>kolganov49@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0234-0079>

<sup>4</sup>olgarenko\_vi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9609-5571>

**Аннотация.** Цель: научное обоснование унифицированной модели определения урожайности различных сельскохозяйственных культур при изменении дефицита водопотребления для условий аридного климата юга России. **Материалы и методы.** Полевой опыт проводился в 2021–2023 гг. и основывался на изучении формирования структуры водного баланса орошаемого поля различных сельскохозяйственных культур: озимой пшеницы, кукурузы на зерно, картофеля летнего срока посадки, лука репчатого, свеклы сахарной, сои и моркови. **Результаты.** Анализ данных показал, что за три года исследований с обеспеченностью осадками  $P_n = 40\%$  (2021 г.),  $P_n = 60\%$  (2022 г.),  $P_n = 10\%$  (2023 г.) урожайность рассматриваемых сельскохозяйственных культур составила соответственно: озимой пшеницы – от 4,9 до 6,5 т/га; кукурузы на зерно – от 12,5 до 13,5 т/га; лука репчатого – от 88,5 до 97,3 т/га; картофеля летнего срока посадки – от 35,2 до 39,3 т/га; моркови – от 71,9 до 82,1 т/га; свеклы сахарной – от 43,5 до 48,9 т/га; сои – от 4,1 до 4,6 т/га. При разработке моделей определения урожайности следует рассматривать два основополагающих направления планирования водозабора на орошение: 1) детерминированная модель планирования, когда запас воды в источниках неограничен, отсутствует дефицит как водных, так и других интегральных видов ресурсов:  $1 - U_{\Phi}/U_{\max} = K_0(1 - ET_{\Phi}/ET_{\max})$ ; 2) стохастическая модель планирования при наличии дефицита как водных, так и других интегральных видов ресурсов в их математическом выражении:  $1 - U_{\Phi}/U_{\text{н}} = K_0(1 - ET_{\Phi}/ET_{\text{н}})$ . Нормативная урожайность определяется с учетом этих дефицитов:  $U_{\Phi} = \min(\alpha_0 + \alpha_1 \cdot \Delta W_{\Phi}; U_{\text{н}})$ . **Выводы.** Использование модели позволит прежде всего выделить приоритет соответствующей сельскохозяйственной культуры для обеспечения оросительной водой с учетом оптимального снижения урожайности сопутствующих культур складывающегося севооборота и фактической гидрометеорологической обстановки на орошаемом массиве в условиях дефицита водопотребления.

**Ключевые слова:** моделирование, фактическая урожайность, оптимальная урожайность, дефицит водопотребления, влагозапасы, юг России

**Источник финансирования:** субсидии на выполнение государственного задания № 082-00063-26 ПР за счет средств федерального бюджета.



*Для цитирования:* Унифицированная модель определения урожайности при изменении дефицита водопотребления различных сельскохозяйственных культур для условий аридной зоны юга России / В. И. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, А. В. Колганов, В. Иг. Ольгаренко // Мелиорация и гидротехника. 2026. Т. 16, № 2. С. 1–15. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2026-16-2-1-15>.

## LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

### **A unified model for determining yields while changing the water consumption deficit of various agricultural crops in the arid zone of southern Russia**

**Vladimir I. Olgarenko<sup>1</sup>, Igor V. Olgarenko<sup>2</sup>, Aleksandr V. Kolganov<sup>3</sup>, Vladimir Ig. Olgarenko<sup>4</sup>**

<sup>1,2</sup>Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A. K. Kortunov – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

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

<sup>1</sup>nimi-info@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4399-997X>

<sup>2</sup>nimi-info@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4865-5642>

<sup>3</sup>kolganov49@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0234-0079>

<sup>4</sup>olgarenko\_vi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9609-5571>

**Abstract. Purpose:** to substantiate scientifically a unified model for determining the yield of various agricultural crops when changing water consumption deficit for the arid climate conditions of southern Russia. **Materials and methods.** The field experiment was conducted in 2021–2023 and was based on the study of the water balance structure formation of an irrigated field of various agricultural crops: winter wheat, corn for grain, summer potatoes, onions, sugar beet, soybeans and carrots. **Results.** Data analysis showed that over three years of research with precipitation levels of  $P_n = 40\%$  (2021),  $P_n = 60\%$  (2022),  $P_n = 10\%$  (2023), the yields of the crops under consideration were, respectively: winter wheat – from 4.9 to 6.5 t/ha; corn per grain – from 12.5 to 13.5 t/ha; onions – from 88.5 to 97.3 t/ha; summer potatoes – from 35.2 to 39.3 t/ha; carrots – from 71.9 to 82.1 t/ha; sugar beet – from 43.5 to 48.9 t/ha; soybeans – from 4.1 to 4.6 t/ha. When developing a model for determining yields, two fundamental areas of planning water intake for irrigation should be considered: 1) a deterministic planning model, when water supply in sources is unlimited, there is no shortage of both water and other integral types of resources:  $1 - Y_A/Y_{\max} = K_O(1 - ET_A/ET_{\max})$ ; 2) a stochastic planning model in the presence of a shortage of both water, as well as other integral types of resources in their mathematical expression:  $1 - Y_A/Y_S = K_O(1 - ET_A/ET_S)$ . The standard yield is determined taking into account these deficits:  $Y_A = \min(\alpha_0 + \alpha_1 \cdot \Delta W_A; Y_S)$ . **Conclusions.** The use of the model will allow, first of all, to highlight the priority of the appropriate agricultural crop to provide irrigation water, taking into account the optimal reduction in yields of related crops of the developing crop rotation and the actual hydrometeorological situation in the irrigated area under the conditions of water scarcity.

**Keywords:** simulation, actual yield, optimal yield, water consumption deficit, soil moisture storage, the south of Russia

**Funding source:** subsidies for the implementation of State Assignment No. 082-00063-26 PR are from the federal budget.

**For citation:** Olgarenko V. I., Olgarenko I. V., Kolganov A. V., Olgarenko V. Ig. A unified model for determining yields while changing the water consumption deficit of various

agricultural crops in the arid zone of southern Russia. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2026;16(2):1–15. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2026-16-2-1-15>.

**Введение.** Текущее состояние системы организации орошаемого земледелия на территориях с активной аридизацией климата, таких как юг России, ставит задачи по оптимизации урожайности сельскохозяйственных культур с учетом нарастания дефицита водопотребления с одной стороны и низкого уровня водообеспеченности с другой. Если рассматривать орошаемое земледелие как целостную единицу, в т. ч. с учетом севооборота, снижение урожайности сельскохозяйственных культур, как одного из основных критериев эффективности аграрного производства, должно быть минимальным, даже в неблагоприятно складывающихся гидрометеорологических условиях района возделывания [1–3]. Таким образом, складывается ситуация, в которой необходимо создать инструмент, позволяющий оценить и оптимизировать урожайность различных сельскохозяйственных культур в единой системе, что в итоге даст возможность научно обосновать выбор приоритетов для полного или частичного водообеспечения конкретного орошаемого поля и возделываемой культуры [4–7]. Оптимизация и управление продуктивностью орошаемого звена должны исходить из необходимости сохранения урожайности выбранной культуры или севооборота, с прогнозируемым снижением урожайности сопутствующих орошаемых сельскохозяйственных культур, выделяя приоритет. В свою очередь, приоритет производства в условиях дефицита водообеспеченности основывается на принципах экономической эффективности свободного рынка с одной стороны и стратегическом характере выбранных сельскохозяйственных культур согласно Доктрине продовольственной безопасности России с другой [8–10].

Цель исследований – научное обоснование унифицированной модели определения урожайности различных сельскохозяйственных культур при изменении дефицита водопотребления для условий аридного климата юга России.

**Материалы и методы.** Опытные участки располагались в п. Ясном Багаевского района (Бирючукская ОСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО) и ст. Бессергеновской Октябрьского района Ростовской области (ООО «Агро-предприятие Бессергеновское»). Почвенный покров представлен черноземом обыкновенным среднemocным на лессовидном суглинке. Полевой опыт проводился в 2021–2023 гг. и основывался на изучении формирования структуры водного баланса орошаемого поля и урожайности различных сельскохозяйственных культур: озимой пшеницы, кукурузы на зерно, картофеля летнего срока посадки, лука репчатого, свеклы сахарной, сои и моркови. В опытах орошение проводилось дождеванием, сельскохозяйственные культуры возделывались в нескольких севооборотах. Исследования проводились в соответствии с действующими нормативами, стандартами, методиками, сертифицированными приборами и оборудованием. Программа исследований предусматривает проведение полевого опыта в 3-кратной повторности с размещением опытных делянок систематическим методом.

Все серии опытов проводились при условии нормативной обеспеченности расчетной зоны аэрации орошаемого поля в условиях отсутствия капиллярной каймы в толще грунта, с условием выполнения принципов единственного различия и типичности при постановке и проведении полевых экспериментов.

**Результаты и обсуждение.** Результаты полевого опыта, посвященного изучению урожайности рассматриваемых сельскохозяйственных культур, режима орошения и элементов уравнения (структуры) водного баланса, представлены в таблицах 1–3.

Анализ данных показал, что за три года исследований с обеспеченностью осадками  $P_n = 40 \%$  (2021 г.),  $P_n = 60 \%$  (2022 г.),  $P_n = 10 \%$  (2023 г.) урожайность рассматриваемых сельскохозяйственных культур составила соответственно: озимой пшеницы – от 4,9 до 6,5 т/га; кукурузы на зерно – от 12,5 до 13,5 т/га; лука репчатого – от 88,5 до 97,3 т/га; картофеля летне-

го срока посадки – от 35,2 до 39,3 т/га; моркови – от 71,9 до 82,1 т/га; свеклы сахарной – от 43,5 до 48,9 т/га; сои – от 4,1 до 4,6 т/га.

**Таблица 1 – Урожайность рассматриваемых сельскохозяйственных культур по годам исследований**

В т/га

**Table 1 – Yield of the crops under consideration by year of research**

In t/ha

Вариант опыта	Год исследований, обеспеченность осадками			
	2021, средний ( $P_n = 40\%$ )	2022, среднесухой ( $P_n = 60\%$ )	2023, средневлажный ( $P_n = 10\%$ )	Среднее 2021–2023 гг.
№ 1. Озимая пшеница	5,8	4,9	6,5	5,73
№ 2. Кукуруза на зерно	12,9	12,5	13,5	12,9
№ 3. Лук	93,2	88,5	97,3	93,0
№ 4. Картофель	36,5	35,2	39,3	37,0
№ 5. Морковь	76,8	71,9	82,1	76,3
№ 6. Свекла	45,4	43,5	48,9	45,9
№ 7. Соя	4,3	4,1	4,6	4,3

Примечание –  $P_n$  – обеспеченность осадками, %. Среднее количество осадков представлено в таблице 3.

**Таблица 2 – Элементы режима орошения в среднем за 2021–2023 гг.**

**Table 2 – Elements of the irrigation regime on average for 2021–2023**

Вариант опыта	Количество поливов, шт.	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га
№ 1. Озимая пшеница	7	350	2450
№ 2. Кукуруза на зерно	8	410, 350	2860
№ 3. Лук	11	270	2970
№ 4. Картофель	7	350	2450
№ 5. Морковь	13	270	3510
№ 6. Свекла	12	270	3240
№ 7. Соя	10	410, 350	3560

**Таблица 3 – Элементы уравнения (структура) водного баланса рассматриваемых сельскохозяйственных культур в среднем за 2021–2023 гг.**

**Table 3 – Elements of the equation (structure) of water balance of agricultural crops under consideration on average for 2021–2023**

Вариант опыта	Элемент уравнения водного баланса, мм					У, т/га	$K_{ET}$ , мм/т	$K_M$ , мм/т
	$W_H$	$P$	$M$	$W_K$	$ET$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ 1. Озимая пшеница	237	68	245	168	382	5,7	67,02	42,98
№ 2. Кукуруза на зерно	220	72	286	117	461	12,9	35,74	22,17

Продолжение таблицы 3

Table continued 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ 3. Лук	218	69	297	94	490	93,0	5,27	3,19
№ 4. Картофель	190	55	245	120	370	37,0	10,00	6,62
№ 5. Морковь	215	76	351	76	566	76,9	7,36	4,56
№ 6. Свекла	217	80	324	134	487	45,9	10,61	7,06
№ 7. Соя	228	71	356	125	530	4,3	123,26	82,79

Примечание –  $W_H$ ,  $W_K$  – начальные и конечные влагозапасы, мм;  $ET$  – водопотребление, мм;  $M$  – оросительная норма, мм;  $P$  – осадки, мм;  $У$  – урожайность, мм;  $K_{ET}$  – коэффициент водопотребления, мм/т;  $K_M$  – коэффициент оросительной нормы, мм/т.

Анализ данных показал, что в среднем за 2021–2023 гг. на посевах озимой пшеницы (вариант № 1) было проведено семь поливов поливной нормой 350 м<sup>3</sup>/га, оросительная – 2450 м<sup>3</sup>/га; кукуруза на зерно (вариант № 2) – восемь поливов поливной нормой 410 и 350 м<sup>3</sup>/га, оросительная – 2860 м<sup>3</sup>/га; лук репчатый (вариант № 3) – 11 поливов поливной нормой 270 м<sup>3</sup>/га, оросительная – 2970 м<sup>3</sup>/га; картофель летнего срока посадки (вариант № 4) – семь поливов поливной нормой 350 м<sup>3</sup>/га, оросительная – 2450 м<sup>3</sup>/га; морковь (вариант № 5) – 13 поливов поливной нормой 270 м<sup>3</sup>/га, оросительная – 3510 м<sup>3</sup>/га; свекла сахарная (вариант № 6) – 12 поливов поливной нормой 270 м<sup>3</sup>/га, оросительная – 3240 м<sup>3</sup>/га; соя (вариант № 7) – 10 поливов поливной нормой 410 и 350 м<sup>3</sup>/га, оросительная – 3500 м<sup>3</sup>/га.

Элементы уравнения водного баланса составили: осадки ( $P$ ): 68, 72, 69, 55, 76, 80 и 71 мм; начальные влагозапасы ( $W_H$ ): 237, 220, 218, 190, 215, 217 и 228 мм; конечные влагозапасы ( $W_K$ ): 168, 117, 94, 120, 76, 134 и 125 мм; водопотребление ( $ET$ ): 382, 461, 490, 370, 566, 487 и 530 мм; урожайность ( $У$ ): 5,7; 12,9; 93,0; 37,0; 76,9; 45,9 и 4,3 т/га; коэффициент водопотребления ( $K_{ET}$ ): 67,02; 35,74; 5,27; 10,00; 7,36; 10,61 и 123,26 мм/т; коэффициент оросительной нормы ( $K_M$ ): 42,98; 22,17; 3,19; 6,62; 4,56; 7,06 и 82,79 мм/т, соответственно по всем вариантам опыта в среднем за 2021–2023 гг.

Следует отметить, что планирование величины забора воды на орошение из источника (река, водохранилище и т. п.), как правило, стохастич-

ческое, а не детерминированное, это необходимо учитывать и отражать в математической постановке задач процесса планирования водопользования в частности и водораспределения в целом по системе. Детерминированную постановку задач планирования следует считать исключением.

Поэтому можно представить два основополагающих направления планирования водозабора на орошение из соответствующих источников: 1) детерминированная модель планирования, когда запас воды в источниках неограничен, отсутствует дефицит как водных, так и других интегральных видов ресурсов; 2) стохастическая модель планирования – при наличии дефицита как водных, так и других интегральных видов ресурсов в их математическом выражении. Это основной тип планирования водозабора в мелиоративной отрасли.

Для детерминированной модели планирования водозабора предложена модель динамики урожайности, показанная в формуле (1), для стохастических условий модель принимает вид формулы (2):

$$\left(1 - \frac{Y_{\Phi}}{Y_{\max}}\right) = K_0 \cdot \left(1 - \frac{ET_{\Phi}}{ET_{\max}}\right), \quad (1)$$

$$\left(1 - \frac{Y_{\Phi}}{Y_{\text{н}}}\right) = K_0 \cdot \left(1 - \frac{ET_{\Phi}}{ET_{\text{н}}}\right), \quad (2)$$

где  $Y_{\Phi}$ ,  $Y_{\max}$ ,  $Y_{\text{н}}$  – соответственно урожайность фактическая, получаемая при дефиците водопотребления; максимальная, получаемая при отсутствии дефицитов; нормативная, получаемая при наличии соответствующих ограничений сельскохозяйственного производства, т/га.

Нормативная урожайность определяется с учетом нормы внесения органических и (или) минеральных удобрений, полной (нормативной) водообеспеченности, биологической урожайности выбранного сорта или гибрида, почвенного плодородия орошаемого участка, использования надлежащей технологии возделывания сельскохозяйственных культур. При со-

блюдении всех требований и отсутствии соответствующих дефицитов нормативная урожайность становится максимальной:  $Y_H = Y_{\max}$ ;

$K_O$  – коэффициент отклика урожайности на снижение водопотребления;

$ET_{\Phi}$ ,  $ET_{\max}$ ,  $ET_H$  – соответственно водопотребление фактическое, максимальное и нормативное, мм.

Используем формулу водного баланса в условиях капиллярно подвешенной почвенной влаги для дальнейшего преобразования стохастической модели планирования:

$$ET = \Delta W + P, \quad (3)$$

где  $\Delta W$  – разница влагозапасов, мм;

$P$  – эффективные осадки, мм,

$$\left(1 - \frac{Y_{\Phi}}{Y_H}\right) = K_O \cdot \left(1 - \frac{\Delta W_{\Phi} + P}{\Delta W_H + P}\right), \quad (4)$$

где  $\Delta W_{\Phi}$ ,  $\Delta W_H$  – соответственно разница влагозапасов фактическая и нормативная.

Полученное сложное уравнение приводим к следующему виду:

$$\frac{Y_{\Phi}}{Y_H} = 1 - K_O \cdot \left(1 - \frac{\Delta W_{\Phi} + P}{\Delta W_H + P}\right) = 1 - K_O + K_O \cdot \left(\frac{\Delta W_{\Phi}}{\Delta W_H + P}\right) + K_O \cdot \left(\frac{P}{\Delta W_H + P}\right), \quad (5)$$

$$Y_{\Phi} = Y_H \cdot \left(1 - K_O + K_O \cdot \left(\frac{P}{\Delta W_H + P}\right)\right) + Y_H \cdot \left(K_O \cdot \left(\frac{\Delta W_{\Phi}}{\Delta W_H + P}\right)\right). \quad (6)$$

Заменяем параметрами  $\alpha_0$  и  $\alpha_1$  правую часть уравнения:

$$Y_{\Phi} = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \Delta W_{\Phi}, \quad (7)$$

$$\alpha_0 = Y_H \cdot \left(1 - K_O + K_O \cdot \left(\frac{P}{\Delta W_H + P}\right)\right), \quad (8)$$

$$\alpha_1 = Y_H \cdot \left(K_O \cdot \left(\frac{1}{\Delta W_H + P}\right)\right). \quad (9)$$

При условии, что фактическая урожайность может быть равна нор-

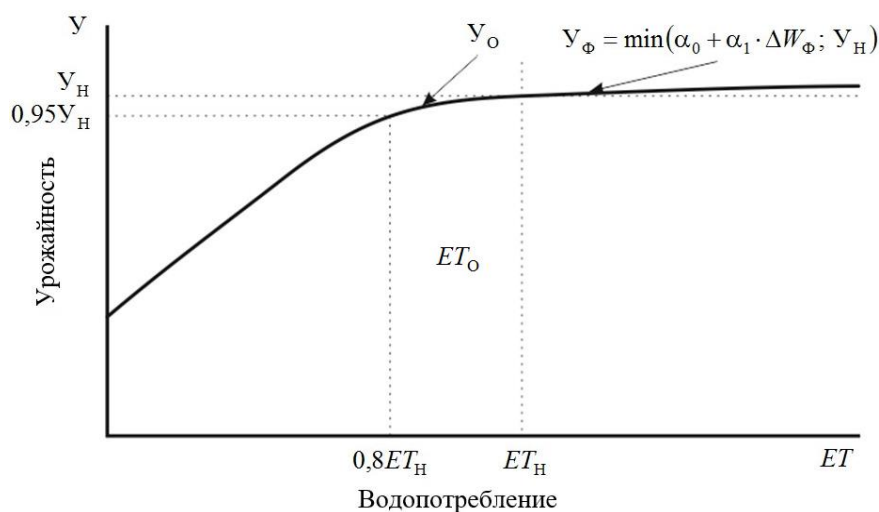
мативной (или достигать предела этой урожайности) только при бездефицитном водопользовании, полученную зависимость следует записать таким образом:

$$Y_{\Phi} = \min(\alpha_0 + \alpha_1 \cdot \Delta W_{\Phi}; Y_H). \quad (10)$$

Анализируя полученную зависимость (формула (10)), следует обратить внимание, что сравниваются фактор урожайности и динамика влагозапасов. Если принять во внимание, что в процессе организации орошения урожайность является результирующим фактором возделывания сельскохозяйственных культур, сам этот процесс имеет как временные ограничения с одной стороны, так и административные с другой, формируя динамику почвенных влагозапасов, возрастающий дефицит которых снижает урожайность, характеризуя его как фактор времени. Таким образом, следует представлять динамику влагозапасов также результирующим фактором или как водопотребление. В общем виде зависимость (10) для рассматриваемых сельскохозяйственных культур представлена на рисунке 1.

Оптимальные значения урожайности при снижении оросительной нормы на фоне роста дефицита водопотребления для сельскохозяйственных культур, возделываемых в различных зонах орошения России, получены в результате ряда исследований, проведенных в высших учебных заведениях, научно-исследовательских институтах и научных центрах: РосНИИПМ, НИМИ Донского ГАУ, ВолГАУ, Вавиловский университет, ВНИИОЗ, ВНИИГиМ, ВНИИ Радуга и др., в разные временные периоды. Это позволило научно обосновать положение, что при снижении водообеспеченности на 15–20 % величина урожайности уменьшается на 4–6 % от нормативной, принимая значение оптимальной, или  $Y_O = (0,94–0,96) \cdot Y_H$  при  $ET_O = ET_{\Phi} \rightarrow (0,8–0,85) \cdot ET_H$ , это дало возможность определить оптимальные пороги снижения водообеспеченности. Результаты моделирования уровней оптимального снижения урожайности на примере нормативного и дефицитного (85 % обеспеченности водными ресурсами) режимов

орошения рассматриваемых сельскохозяйственных культур представлены в таблице 4.



Примечание – выделен диапазон оптимального снижения (оптимальности), характеризующийся: по оси x – оптимальным водопотреблением ( $ET_0$ ); по оси y – оптимальной урожайностью ( $Y_0$ ).

Note – the range of optimal reduction (optimality), characterized by optimal water consumption ( $ET_0$ ) on the x-axis and by optimal yield ( $Y_0$ ) on the y-axis, is highlighted.

**Рисунок 1 – Общий случай соотношения урожайности и водопотребления сельскохозяйственных культур (в относительных единицах)**

**Figure 1 – General case of the relationship between crop yield and water consumption (in relative units)**

**Таблица 4 – Результаты моделирования уровней оптимального снижения урожайности при наличии дефицита водных ресурсов**

**Table 4 – Results of modeling the optimal yield reduction levels in the presence of water resource deficit**

Вариант опыта	Нормативный режим		Дефицитный режим*		Разница	
	Урожайность, т/га	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Урожайность, т/га	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Урожайность, т/га	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га
№ 1. Озимая пшеница	5,73	2450	5,5	2082	0,23	368
№ 2. Кукуруза на зерно	12,9	2860	12,4	2431	0,5	429
№ 3. Лук	93,0	2970	89,3	2524	3,7	446
№ 4. Картофель	37,0	2450	35,5	2082	1,5	368
№ 5. Морковь	76,3	3510	73,2	2983	3,1	527
№ 6. Свекла	45,9	3240	44,1	2754	1,8	486
№ 7. Соя	4,3	3560	4,1	3026	0,2	534

Примечание – \* – Дефицитный режим смоделирован под 85% обеспеченность водными ресурсами.

Анализ данных показывает, что при обеспеченности водными ресурсами на уровне 85 % (15% дефицит) снижение оросительной нормы составит от 368 до 527 м<sup>3</sup>/га, урожайность для озимой пшеницы, кукурузы на зерно, лука репчатого, картофеля летнего срока посадки, моркови, свеклы сахарной и сои снизится на 3,9–4,1 % от урожайности при их нормативном режиме.

Использование унифицированной модели определения урожайности при изменении дефицита водопотребления с учетом гидрометеорологических особенностей года возделывания, выбранного состава севооборота и площадей сельскохозяйственного производства на фоне орошения позволяет установить степень дефицита водных ресурсов и его воздействие на выход продукции в единой информационной среде. Таким образом обеспечивается основа управления эксплуатационным режимом орошения и выделения приоритетов при назначении порядка внутрихозяйственной водоподдачи на фоне возникновения фактического дефицита водных ресурсов.

**Выводы.** Разработана унифицированная модель определения (установления) величины урожайности сельскохозяйственных культур для различных уровней дефицитов в широком диапазоне динамики гидрометеорологических условий и водоносности источников орошения с целью планирования водораспределения по системе оросительных каналов для двух вариантов: 1) детерминированная модель планирования при отсутствии дефицитов водных и других интегральных ресурсов; 2) стохастическая модель планирования при наличии дефицитов как водных, так и всех интегральных ресурсов, широко применяемая в мелиоративной науке и практике, являющаяся основным методом планирования.

Использование модели позволит прежде всего выделить приоритет конкретной сельскохозяйственной культуры для обеспечения оросительной водой с учетом оптимального снижения урожайности сопутствующих культур севооборота и фактической гидрометеорологической обстановки

на орошаемом массиве в условиях дефицита водопотребления. По результатам моделирования установлено, что при снижении оросительных норм на величину 368–527 м<sup>3</sup>/га для рассматриваемых сельскохозяйственных культур урожайность снизится на 3,9–4,1 % от их урожайности при нормативном режиме орошения.

В дальнейших исследованиях параметры зависимости необходимо устанавливать эмпирическим способом для каждой рассматриваемой сельскохозяйственной культуры с учетом региональных особенностей ее возделывания, показателей нормативной урожайности, полученных в условиях полного обеспечения оросительной влагой и соответствующего водопотребления. В результате этого потенциально будут обоснованы решения об эксплуатационных режимах орошения, отталкивающиеся от критерия предельно допустимого снижения урожайности и очередности внутрихозяйственной водоподачи. Экономически и практически это позволит минимизировать потери продукции, повысить эффективность орошаемого гектара в условиях возникновения критического дефицита водных ресурсов в аридной зоне юга России.

### **Список источников**

1. Ольгаренко В. И., Ольгаренко Г. В., Ольгаренко И. В. Оптимизация процессов водопользования на основе методологии ландшафтно-экологического подхода. Новочеркасск: Лик, 2019. 623 с. EDN: UZWMWT.
2. Лихацевич А. П. Использование обобщенной математической модели для анализа результатов многофакторных агрономических опытов // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 1. С. 19–23. EDN: YQRJG.
3. Юрченко И. Ф. Приоритетные направления и мероприятия современной цифровизации в мелиорации // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 2. С. 84–100. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-2-84-100. EDN: KYWLYQ.
4. Multi-objective modeling and optimization of water distribution for canal system considering irrigation coverage in artesian irrigation district / Z. Mai, Y. He, C. Feng, C. Han, Y. Shi, W. Qi // Agricultural Water Management. 2024. Vol. 301. Article number: 108959. DOI: 10.1016/j.agwat.2024.108959. EDN: ETQZZA.
5. Sustainable management in irrigation water distribution system under climate change: Process-driven optimization modelling considering water-food-energy-environment synergies / Y. Chen, H. Li, Y. Xu, Q. Fu, Y. Wang, B. He, M. Li // Agricultural Water Management. 2024. Vol. 302. Article number: 108990. DOI: 10.1016/j.agwat.2024.108990. EDN: LYGIC.

6. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Технико-технологические основы регулирования гидротермического режима агрофитоценоза в условиях орошения // Научная жизнь. 2019. Т. 14, № 10(98). С. 1484–1495. DOI: 10.35679/1991-9476-2019-14-10-1484-1495. EDN: ISXDNS.

7. Лихацевич А. П. Использование физического принципа для построения экспериментальных математических моделей исследуемых процессов в мелиоративной науке // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 6. С. 30–36. DOI: 10.32962/0235-2524-2021-6-30-36. EDN: ELRDXM.

8. Выбор показателя водного режима в математической модели урожайности сахарной свеклы / А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина, А. А. Левкевич, А. В. Малышко, М. Н. Титова // Мелиорация. 2022. № 4(102). С. 45–54. EDN: WKXDZY.

9. Мелиоративный комплекс Российской Федерации: информ. изд. / Г. В. Ольгаренко, С. С. Турапин, В. И. Булгаков, Т. А. Капустина, Н. А. Мищенко, М. С. Зверьков, Л. Е. Паутова, А. В. Грушин, Е. В. Медведева, А. И. Банникова, И. Д. Сосновских; ФГБНУ ВНИИ «Радуга». М.: Росинформагротех, 2020. 304 с. EDN: AVWQXO.

10. Юрченко И. Ф. Планирование системного водораспределения: современное состояние и приоритетные направления совершенствования // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 1. С. 184–199. DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-1-184-199. EDN: CUPZJN.

## References

1. Olgarenko V.I., Olgarenko G.V., Olgarenko I.V., 2019. *Optimizatsiya protsessov vodopol'zovaniya na osnove metodologii landshaftno-ekologicheskogo podkhoda* [Optimization of Water Use Processes Based on the Methodology of the Landscape-Ecological Approach]. Novocherkassk, Lick Publ., 623 p., EDN: UZWMWT. (In Russian).

2. Likhatshevich A.P., 2018. *Ispol'zovanie obobshchennoy matematicheskoy modeli dlya analiza rezul'tatov mnogofaktornykh agronomicheskikh opytov* [Generalized mathematical model for analyzing obtained results of agronomic experiments]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 1, pp. 19-23, EDN: YQRJIG. (In Russian).

3. Yurchenko I.F., 2022. *Prioritetnye napravleniya i meropriyatiya sovremennoy tsifrovizatsii v melioratsii* [Priority areas and activities of modern digitalization in land reclamation]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 12, no. 2, pp. 84-100, DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-2-84-100, EDN: KYWLYQ. (In Russian).

4. Mai Z., He Y., Feng C., Han C., Shi Y., Qi W., 2024. Multi-objective modeling and optimization of water distribution for canal system considering irrigation coverage in artesian irrigation district. *Agricultural Water Management*, vol. 301, article number: 108959, DOI: 10.1016/j.agwat.2024.108959, EDN: ETQZZA.

5. Chen Y., Li H., Xu Y., Fu Q., Wang Y., He B., Li M., 2024. Sustainable management in irrigation water distribution system under climate change: Process-driven optimization modelling considering water-food-energy-environment synergies. *Agricultural Water Management*, vol. 302, article number: 108990, DOI: 10.1016/j.agwat.2024.108990, EDN: LYGIC.

6. Borodychev V.V., Lytov M.N., 2019. *Tekhniko-tekhnologicheskie osnovy regulirovaniya gidrotermicheskogo rezhima agrofytotsenoza v usloviyakh orosheniya* [Technical and technological foundations for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis under irrigation conditions]. *Nauchnaya zhizn'* [Scientific Life], vol. 14, no. 10(98), pp. 1484-1495, DOI: 10.35679/1991-9476-2019-14-10-1484-1495, EDN: ISXDNS. (In Russian).

7. Likhatshevich A.P., 2021. *Ispol'zovanie fizicheskogo printsipa dlya postroeniya eksperimental'nykh matematicheskikh modeley issleduemykh protsessov v meliorativnoy nauke*

[Using a physical principle to construct experimental mathematical models of the processes under study in land reclamation science]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 6, pp. 30-36, DOI: 10.32962/0235-2524-2021-6-30-36, EDN: ELRDXM. (In Russian).

8. Likhatchevich A.P., Latushkina G.V., Levkevich A.A., Malysheko A.V., Titova M.N., 2022. *Vybor pokazatelya vodnogo rezhima v matematicheskoy modeli urozhaynosti sakharnoy svekly* [Selection of the water regime indicator in the mathematical model of sugar beet yield]. *Melioratsiya* [Land Reclamation], no. 4(102), pp. 45-54, EDN: WKXDZY. (In Russian).

9. Olgarenko G.V., Turapin S.S., Bulgakov V.I., Kapustina T.A., Mishchenko N.A., Zverkov M.S., Pautova L.E., Grushin A.V., Medvedeva E.V., Bannikova A.I., Sosnovskikh I.D., 2020. *Meliorativnyy kompleks Rossiyskoy Federatsii: inform. izd.* [Land Reclamation Complex of the Russian Federation: information ed.]. FGBNU VNII “Raduga”, Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 304 p., EDN: AVWQXO. (In Russian).

10. Yurchenko I.F., 2023. *Planirovaniye sistemnogo vodoraspredeleniya: sovremennoye sostoyaniye i prioritetye napravleniya sovershenstvovaniya* [System water distribution planning: current state and priority areas for improvement]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 13, no. 1, pp. 184-199, DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-1-184-199, EDN: CUPZJN. (In Russian).

---

#### *Информация об авторах*

**В. И. Ольгаренко** – профессор кафедры, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, Заслуженный деятель науки РФ, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, д. 111), nimi-info@yandex.ru, AuthorID: 580234, ORCID: 0000-0003-4399-997X;

**И. В. Ольгаренко** – заместитель директора по науке и инновациям, доктор технических наук, доцент, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, д. 111), nimi-info@yandex.ru, AuthorID: 400173, ORCID: 0000-0002-4865-5642;

**А. В. Колганов** – главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр-т Баклановский, д. 190), kolganov49@mail.ru, AuthorID: 347268, ORCID: 0000-0003-0234-0079;

**В. Иг. Ольгаренко** – старший научный сотрудник, кандидат технических наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр-т Баклановский, д. 190), olgarenko\_vi@mail.ru, AuthorID: 653085, ORCID: 0000-0002-9609-5571.

#### *Information about the authors*

**V. I. Olgarenko** – Professor of the Department, Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, NovoCherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A. K. Kortunov – branch of the Don State Agrarian University (346428, Rostov region, NovoCherkassk, Pushkinskaya st., 111), nimi-info@yandex.ru, AuthorID: 580234, ORCID: 0000-0003-4399-997X;

**I. V. Olgarenko** – Deputy Director for Science and Innovation, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, NovoCherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A. K. Kortunov – branch of the Don State Agrarian University (346428, Rostov region, NovoCherkassk, Pushkinskaya st., 111), nimi-info@yandex.ru, AuthorID: 400173, ORCID: 0000-0002-4865-5642;

**A. V. Kolganov** – Chief Researcher, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian Scien-

tific Research Institute of Land Improvement Problems (346421, Rostov region, Novocherkassk, Baklanovsky ave., 190), kolganov49@mail.ru, AuthorID: 347268, ORCID: 0000-0003-0234-0079;

**V. Ig. Olgarenko** – Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems (346421, Rostov region, Novocherkassk, Baklanovsky ave., 190), olgarenko\_vi@mail.ru, AuthorID: 653085, ORCID: 0000-0002-9609-5571.

*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 13.02.2026; одобрена после рецензирования 19.05.2026; принята к публикации 18.06.2026.*

*The article was submitted 13.02.2026; approved after reviewing 19.05.2026; accepted for publication 18.06.2026.*