

## ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ АГРОБИОЦЕНОЗОВ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮГА РОССИИ

Т.А. КАПУСТИНА, Н.А. ПОЛЬЩИКОВ, К.В. ГАРГОЛИНА

**Ключевые слова:** продуктивность сельскохозяйственных культур, влагообеспеченность, водообеспеченность орошаемых агроландшафтов, оросительные нормы.

**Keywords:** crop productivity, moisture supply, water supply of irrigated agricultural landscapes, and irrigation rates.

**Аннотация.** В статье представлены результаты научных исследований, направленных на повышение качества нормирования орошения на основе анализа и оценки закономерностей влияния уровня водообеспечения на продуктивность орошаемых агробиоценозов в степной зоне южных регионов России, обеспечивающее рациональное использование водно-земельных ресурсов, дифференцированного в зависимости от природно-климатических и технологических условий.

**Abstract.** The article presents the results of scientific research aimed at improving the quality of irrigation regulation based on the analysis and evaluation of the patterns of the influence of the level of water supply on the productivity of irrigated agrobiocenoses in the steppe zone of the southern regions of Russia, which ensures the rational use of water and land resources, differentiated depending on the natural and climatic conditions and technological requirements.

Актуальность исследований определяется нарастающим дефицитом водных ресурсов и необходимостью рационального использования ресурсного потенциала региона, так как основные площади сельскохозяйственных угодий располагаются в засушливых природно-климатических зонах, в которых только оптимальное нормирование орошения обеспечит получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур за счет дифференцированного подхода в процессах нормирования орошения и водопользования. В связи с природно-климатическими рисками, высокий уровень продуктивности агробиоценозов может быть обеспечен на основе развития адаптивных систем орошаемого земледелия, что требует высокой степени качественного водно-ресурсного и инженерно-технического обеспечения [1].

**Цель исследований.** Повышение качества нормирования орошения на основе анализа и оценки закономерностей влияния уровня водообеспечения на продуктивность орошаемых агробиоценозов в степной зоне южных регионов России, обеспечивающее рациональное использование водно-земельных ресурсов, дифференцированного в зависимости от природно-климатических и технологических условий.

**Материалы и методика исследований.** ФГБНУ ВНИИ «Радуга», на основе научно-производственного опыта разработки и внедрения моделей планирования орошения и прогнозирования урожайности агробиоценозов, учитывая значительную пространственно-временную изменчивость, циклический и неустойчивый характер внешних факторов, рассматривает методологию многофакторного анализа, которая позволяет учесть динамическую дифференциацию агроклиматических зон по тепло-влажностному обеспечению вегетационных периодов, на основе коэффициен-

та тепло-влажностности или дефицита водного баланса, как засушливые, средне-засушливые, средние, средне-влажные и влажные периоды для типичных природно-климатических зон Российской Федерации. В работе использовались унифицированные методы статистической обработки многолетних данных и методики интегральной оценки экологического состояния орошаемых земель, размещенных в базах данных на информационном портале ФГБНУ ВНИИ «Радуга» [2].

**Результаты и их обсуждение.** Проведенные авторами многолетние экспериментально-аналитические исследования применяемых моделей описания связей «оросительная норма – продуктивность» для различных природных зон и лет различной обеспеченности дефицита водного баланса позволил выявить 4 основных подхода к решению задачи построения эмпирических зависимостей продуктивности агробиоценозов от оросительной нормы, которые выражаются в виде: прямолинейных или нелинейных уравнений (парабола, семейство парабол, полином); аппроксимации экспериментальных данных.

Установлено, что наиболее точно соответствуют по количественным и качественным характеристикам, результатам экспериментальных и статистических исследований динамики урожайности и суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур в зависимости от дефицита водообеспеченности вегетационного периода, параболические уравнения [3, 4].

При построении уравнений связи «оросительная норма – продуктивность» учитываются тепло-влажностность вегетационного периода (25...95% обеспеченности дефицита водного баланса), агроклиматические особенности конкретного года, которые являются важными факторами влияния на орошаемый агробиоценоз.

Аппроксимация экспериментальных данных разными кривыми, проверенная методом наименьших квадратов, позволила отдать предпочтение описанию связей «оросительная норма – продуктивность» семейством парабол.

В условиях дефицита водных ресурсов появляется необходимость снижения норм водопотребности в отдельные периоды вегетации. Известно, что недоувлажнение в разные периоды сказывается на конечной продуктивности по-разному, то есть продуктивность зависит не только от суммарного дефицита водопотребления, но и от распределения его по периоду вегетации.

В условиях орошения при полном восполнении дефицита создается оптимальное увлажнение, позво-

Уравнения связи для зоны умеренных степей

Сельскохозяйственные культуры	Обеспеченность P, %	Уравнение связи
Многолетние травы (люцерна на сено)	25	$\Delta YP_i = -0,007 + 0,274\Delta MO_i - 0,022\Delta MO_i^2$
	50	$\Delta YP_i = -0,006 + 0,159\Delta MO_i + 0,330\Delta MO_i^2$
	75	$\Delta YP_i = -0,005 + 0,274\Delta MO_i + 0,352\Delta MO_i^2$
	95	$\Delta YP_i = 0,014 + 0,267\Delta MO_i + 0,595\Delta MO_i^2$
Зерновые колосовые	25	$\Delta YP_i = 0,015 + 0,220\Delta MO_i + 0,210\Delta MO_i^2$
	50	$\Delta YP_i = 0,013 + 0,274\Delta MO_i + 0,277\Delta MO_i^2$
	75	$\Delta YP_i = 0,011 + 0,365\Delta MO_i + 0,420\Delta MO_i^2$
	95	$\Delta YP_i = 0,002 + 0,510\Delta MO_i + 0,477\Delta MO_i^2$
Овощи (капуста поздняя)	25	$\Delta YP_i = -0,011 + 0,470\Delta MO_i + 0,135\Delta MO_i^2$
	50	$\Delta YP_i = -0,021 + 0,630\Delta MO_i + 0,193\Delta MO_i^2$
	75	$\Delta YP_i = -0,016 + 0,779\Delta MO_i + 0,293\Delta MO_i^2$
	95	$\Delta YP_i = -0,031 + 0,914\Delta MO_i + 0,277\Delta MO_i^2$



Рис. 1. Моделирование закономерностей влияния изменения дефицитов водного баланса на продуктивность сельскохозяйственных культур

ляющее гарантировать максимально возможную продуктивность в условиях конкретного года, то есть оптимальное увлажнение обеспечивает оптимальную продуктивность.

Основная аппроксимирующая функция:

$$\Delta YP_i = a + b\Delta MO_i + c\Delta MO_i^2,$$

где  $\Delta YP_i$  – отклонение урожайности агробиоценоза от проектной (в долях), с учетом тепло-влажностной обеспеченности конкретного вегетационного периода;  $\Delta MO_i$  – отклонение оросительной нормы от проектной с учетом тепло-влажностной обеспеченности конкретного вегетационного периода (в долях от проектной);  $a, b, c$  – параметры уравнения.

В результате моделирования многофакторных исследований закономерностей влияния уровня снижения оросительных норм на продуктивность сельскохозяйственных культур установлены эмпирические зависимости для условий степных районов Кубани (табл. 1). Уравнения характеризуют закономерности взаимодействия в системе «урожайность–влажностная обеспеченность» в различные по тепло-влажностной обеспеченности вегетационные периоды развития агробиоценозов.

Алгоритм моделирования закономерностей влияния изменения дефицитов водного ба-

Таблица 1

ланса на продуктивность сельскохозяйственных культур представлена на рис. 1.

Исходные данные для расчета потерь производственной продукции в зависимости от режимов орошения представлены в табл. 2.

В исследовании зависимости снижения продуктивности культур от уменьшения оросительной нормы рассчитаны возможные варианты эмпирических зависимостей для конкретных условий Краснодарского края с учетом года природной обеспеченности (25...95%), особенностей культуры (яровая пшеница, люцерна на сено, капуста поздняя) на фоне нормальных агротехнологий, с изменением оросительных норм с учетом конкретного года тепло-влажностной обеспеченности (25...95%).

Полученные данные показывают, что для вариантов орошения с недостаточным количеством воды для различных культур снижение продуктивности неоднозначно [3, 6]. В средне-влажный год (25% обеспеченности) дефицит природного увлажнения приводит к относительному снижению продуктивности в связи с уменьшением оросительных норм на 10%, для зерновых (пшеницы) до 14,89%, для многолетних трав относительное снижение составило до 17,68%, для овощей (капусты поздней) снижение продуктивности 29,02%.

Таблица 2

Исходная информация для расчета потерь производственной продукции в зависимости от дефицита водного баланса

Год	Увлажненность, %	Коэффициент увлажнения	НВ	Суммарное водопотребление	Оптимальная оросительная норма
Яровая пшеница (урожайность 60 ц/га)					
2015	5	0,41...0,5	329	245	40
2016	25			275	75
2017	50			353	100
2028	75			371	130
2020	95			420	220
Люцерна на сено (120 ц/га)					
2015	5	0,41...0,5	329	759	250
2016	25			859	300
2017	50			931	360
2028	75			995	450
2020	95			1107	570
Капуста поздняя (600 ц/га)					
2015	5	0,41...0,5	329	284	50
2016	25			317	80
2017	50			377	120
2028	75			406	150
2020	95			480	230

Для среднего по характеру увлажненности года (50% обеспеченности ДВБ) определяющим является закономерность возрастания потерь урожайности при росте дефицита водообеспечения. Так, для зерновых относительное снижение урожайности до 24,0%, для многолетних трав (люцерны на сено) снижение продуктивности увеличивается до 28,89%, для капусты поздней относительное снижение урожайности составило 43,06%.

Для средне-сухого года (75% обеспеченности) тенденция увеличения относительного снижения продуктивности продолжается и максимальное значение получено для капусты 67,5%, а потери составили 405,13 ц/га.

Наибольшие потери отмечаются в сухой год (95% обеспеченности) и составили относительное снижение продуктивности до 98,2% для зерновых культур, для капусты 103,07%, для люцерны на сено 84,47%. Максимальные потери продуктивности отмечены для таких культур как капуста поздняя – 600 ц/га, и зерновые культуры – 58 ц/га.

Максимальные потери продуктивности зерновых культур наблюдается в сухой год (95% обеспеченности) составляет 58 ц/га при расчетной урожайности 60 ц/га (рис. 2а).

Тренд снижения продуктивности отмечается увеличением потерь капусты поздней при экстремальных условиях (95% обеспеченности) и составляет 600 ц/га, т. е. весь урожай потерян (рис. 2б).

**Заключение.** Результаты исследований, позволяют утверждать, что для различных типов агробиоценозов снижение продуктивности неоднозначно и зависит от биологических особенностей сельскохозяйственных культур и уровня дефицита водообеспечения, при прочих равных воздействиях внешних факторов. Установлены закономерности влияния уровня водообеспечения на урожайность сельскохозяйственных культур, описываемые параболическими функциями, позволяющие получить количественные характеристики связей «водообеспеченность – урожайность», показывающие, что в сухой год (95% обеспеченности ДВБ) дефицит водообеспечения в диапазоне от 10 до 50%, приводит к снижению урожайности соответственно на 15...75%, а во влажные годы (25% обеспеченности ДВБ при аналогичном дефиците водообеспечения уменьшение урожайности происходит на 10...25%, в зависимости от вида сельскохозяйственной культуры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Якушев В.В., Буре В.М., Якушев В.П. Стохастическое моделирование и оценка вероятности потерь продуктивности // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 5. С. 77–80.
2. Информационный портал ФГБНУ ВНИИ «Радуга». <https://infotpp-raduga.ru/about> (Дата обращения 25.10.2025).
3. Планирование водопользования при орошении сельскохозяйственных культур: методические указания. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2014. 172 с.

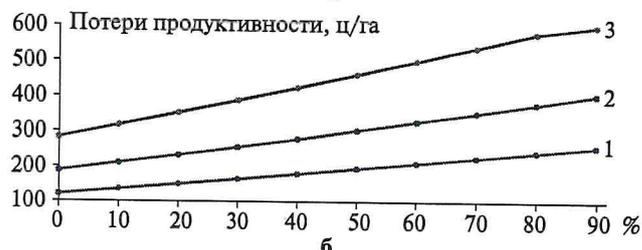
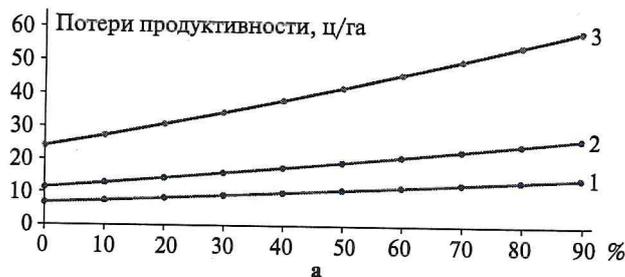


Рис. 2. Снижение продуктивности в зависимости от обеспеченности года и дефицита водопотребления: а – зерновых (пшеница); б – капусты поздней; 1 – 50%; 2 – 75%; 3 – 90%

4. Горбачёва Р.И. Способы построения кривых связи урожая с влагообеспеченностью // Вопросы водного хозяйства (орошение). 1976. Вып. 36. С. 21–27.

5. Методические рекомендации по определению зависимости «Урожайность–водообеспеченность» на основе полевого опыта в условиях орошения. Ленинград, 1987.

6. Ольгаренко Г.В., Цекоева Ф.К. Нормирование орошения с использованием комплексной агрометеорологической информации // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2012. № 4(08).

#### REFERENCES

1. Yakushev V.V., Bure V.M., Yakushev V.P. Stochastic modeling and estimation of the probability of productivity losses // Russian Agricultural Science. 2018. No. 5. Pp. 77–80.
2. Information portal of the Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute Raduga/ <https://inform-raduga.ru/about> (Accessed on 25.10.2025).
3. Planning of water use for irrigation of agricultural crops: methodological guidelines. Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh», 2014. 172 p.
4. Gorbacheva R.I. Methods of constructing curves of the relationship between yield and moisture supply // Issues of water management (irrigation). 1976. Issue 36. P. 21–27.
5. Methodological recommendations for determining the «Yield–water availability» dependence based on field experience under irrigation conditions. Leningrad, 1987.
6. Ol'garenko G.V., Tsekoeva F.K. Irrigation rationing using complex agrometeorological information. Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems, No. 4(08), 2012.

**Капустина Татьяна Алексеевна**, канд. техн. наук, доцент, веду. Науч. сотрудник, [kapustina\\_tat@inbox.ru](mailto:kapustina_tat@inbox.ru); **Польщиков Никита Александрович**, мл. науч. сотрудник; **Гарголина Кристина Витальевна**, техник-исследователь, [kristina.gargolina@yandex.ru](mailto:kristina.gargolina@yandex.ru) (ВНИИ систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Россия, Московская обл., п. Радужный).