

УДК 628.810

DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-139-152

В. И. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, С. Д. Дезюра, М. В. Герасименко

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

В. Иг. Ольгаренко

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

СИСТЕМА ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Целью исследований являлась разработка основного методического подхода к анализу эффективности планирования и оценке реализации внедрения технологических процессов использования воды на всех уровнях оросительных систем. Разработана система технико-экономической эффективности эксплуатации оросительной системы, научно обосновывающая оценку технического уровня, нормирование водопользования, водораспределения и орошения в общем вместе с формированием благоприятной экологической обстановки в рассматриваемом агроландшафте. Система технико-экономических показателей представлена двумя группами: оперативными и итоговыми. Полученная система интегральных показателей для анализа планирования и оценки реализации процесса водопользования на соответствующем водохозяйственном объекте позволила улучшить общую классификацию оросительных систем по оценке и анализу их технического уровня. Так, вместо имеющихся четырех разрядов представлено пять категорий. Разработана и обоснована новая классификация основных нормативных характеристик, которые обеспечивают функционирование экологически сбалансированных мелиоративных систем с минимальным антропогенным действием на агроландшафт. Для установления каждого итогового, оперативного, нормативного и интегрального показателя составлены соответствующие методики определения их значений. Приведены значения всех рассматриваемых технических показателей и предел их допустимого изменения для каждой категории оросительных систем. Разработан алгоритм и компьютерная программа для автоматизации определения рассматриваемых характеристик. Проведенные исследования позволили обосновать основные технико-экономические показатели технически совершенных или экологически сбалансированных оросительных систем.

Ключевые слова: агроландшафты, эффективность водопользования, технический уровень, биологический круговорот, структура управления, экологически сбалансированные оросительные системы.

V. I. Olgarenko, I. V. Olgarenko, S. D. Dezura, M. V. Gerasimenko

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

V. Ig. Olgarenko

Russian Scientific Research Institute of Land Reclamation Problems, Novocherkassk, Russian Federation

THE SYSTEM OF INTEGRATED INDICES OF WATER USE EFFICIENCY ESTIMATION

The aim of the research was to develop a basic methodological approach to analyze the planning efficiency and to evaluate the realization of implementation of water use technological processes at all levels of irrigation systems. A system of technical and economic efficiency of the irrigation system operation was developed, which scientifically substantiates the assessment of the technical level, the rationing of water use, water distribution and irrigation in general, together with the formation of a favorable environmental situation in the agricultural landscape under consideration. The system of technical and economic indicators is represented by two groups: operational and final. The resulting system of integral indices for analyzing the planning and evaluation of the implementation of water use process at the relevant water management facility has improved the overall classification of irrigation systems for assessing and analyzing their technical level. Thus, instead of four categories, there are five categories. A new classification of the main regulatory characteristics that ensure the functioning of environmentally balanced land-reclamation systems with a minimal anthropogenic effect on the agricultural landscape has been developed and substantiated. For the determination of each final, operational, regulatory and integral indicator, the corresponding methods for determining their values were compiled. The values of all considered technical indicators and the limit of their acceptable variation for each category of irrigation systems are given. The conducted studies allowed to substantiate the main technical and economic indicators of technically advanced or environmentally balanced irrigation systems.

Key words: agrolandscapes, water use efficiency, technical level, biological cycle, control structure, environmentally balanced irrigation systems.

Введение. Первоочередная задача значительного улучшения технико-эксплуатационного уровня оросительных систем – обоснование и создание комплекса технических мероприятий для полной ликвидации или коренного снижения технологических и технических потерь. В решении вышеизложенной проблемы важным направлением является разработка эффективных методологических решений вместе с проведением научного обоснования и внедрения актуальных методик планирования и реализации процесса водораспределения и водопользования как в индивидуальных малых орошаемых хозяйствах, так и для рассматриваемой оросительной системы в целом на основании применения теории подобия, теории принятия оптимальных решений, методов системного анализа с использованием современных вычислительных аппаратных комплексов, цифровых технологий, физического и математического моделирования, которые в итоге оптимизируют эксплуатацию водных и энергетических ресурсов, обеспечивают принятие оперативных управленческих решений вместе с повышением уровня их качества и, как следствие, позволят с достаточной точностью проводить прогноз и управлять мелиоративным фактическим состоянием

орошаемых земель [1]. В связи с этим целью исследований являлась разработка основного методического подхода к анализу эффективности планирования и оценке реализации внедрения технологических процессов использования воды на всех уровнях оросительных систем.

Материалы и методы. Для оценки качества реализации и планирования процессов водопользования послужил анализ технических и научно-аналитических данных, проведены многофакторные серии опытов учеными Российского НИИ проблем мелиорации и Новочеркасского инженерно-мелиоративного института – филиала ФГБОУ ВО «Донской ГАУ» на Весёловской, Нижне-Донской, Багаевско-Садковской, Миусской и других оросительных системах Ростовской области; Право-Егорлыкской оросительно-обводнительной системе Ставропольского края, а также на системах Кабардино-Балкарии, Дагестана, Адыгеи и Ингушетии в течение 1998–2016 гг. Анализ данных показал, что орошение культурных растений имеет большой потенциал увеличения его эффективности, которое зависит прежде всего от происходящих негативных процессов – значительных потерь воды в системе, повышающих общий уровень грунтовых вод орошаемого агроландшафта, инициирующих процессы заболачивания, засоления, эрозии, заиления при общем увеличении расхода на энергетические, материально-технические ресурсы и вызывающих еще большее снижение технического уровня орошения в целом [2]. Так, чрезмерно используемые водные и энергетические ресурсы, поступая в ландшафт, изменяют равновесие его естественно сложившихся природных сил и процессов, становясь первопричиной вышеуказанных негативных явлений [3]. Задача мелиоративной науки и практики состоит в обосновании и внедрении технических мер, препятствующих переходу биологического круговорота веществ и энергии в геологический. Испытания проводились на основании использования стандартных методик и современных систем и оборудования, применяемых в обозначенной отрасли.

Результаты. Разработка новых технологических приемов и проведение полевых производственных исследований осуществлялись на основе реализации соответствующих блоков принятой структуры функционального управления технико-эксплуатационными процессами водораспределения и водопользования на оросительных системах [4].

Проведенные исследования дали возможность аргументировать совершенствование существующего и впоследствии сформулировать новый методологический подход вместе с соответствующими методиками анализа эффективности планирования и оценки реализации внедрения технологических процессов использования воды на всех уровнях оросительных систем. Рассматриваемая система технологических показателей и методики их определения обеспечивают научно обоснованную оценку технического уровня систем орошения, эффективность использования энергетических и водных ресурсов для орошения в целом [5]. Показатели разделялись на две категории: итоговые и оперативные. Оперативные дают возможность проводить систематическую оценку реализации процесса планирования водопользования в разной хронологической последовательности: по часам, суткам, пентадам, декадам, анализ плановых и фактических данных и оперативно вносить необходимые коррективы в процесс планирования. Итоговые показатели характеризуют технологические процессы водораспределения и водопользования в разрезе декады, месяца, вегетационного периода и за год в целом при общем учете эффективности сельскохозяйственного производства. Они состоят из всех оперативных, а также из шести итоговых показателей, т. е. используется 18 показателей.

Последующие исследования позволили определить систему показателей, она была приведена в соответствующем порядке, каждое значение обозначено буквой в зависимости от индексного обозначения с целью конкретного определения каждого рассматриваемого параметра, определяю-

щего структурное состояние элемента оросительной системы, их конечное число сокращено до 16.

Дальнейший научный поиск обосновал направление разработки системы реализации процесса водопользования и интегральных показателей эффективности планирования объекта мелиорации, была усовершенствована сложившаяся практика оценки его технического уровня как при проектировании, так и эксплуатации [6].

Предлагается заменить четыре разряда соответствующими пятью категориями: высшая (экологически сбалансированные оросительные системы); первая – хороший технический уровень, который принят за нормативный; вторая – удовлетворительный уровень; третья – неудовлетворительный; четвертая – совершенно недопустимый (рисунок 1). Кроме этого, предложены классификации интегральных показателей работы систем орошения, которые включают четыре основных и девять дополнительных. Приведены количественные значения рассматриваемых показателей и порог изменения их технического уровня по каждой категории [7].

Интегральные показатели представлены: общим коэффициентом полезного использования воды на оросительной системе или на ее отдельном элементе (водопользователе); суммарным коэффициентом полезного действия внутрихозяйственной и межхозяйственной оросительной сети; коэффициентами устойчивости и ритмичности процессов водопользования. Дополнительные интегральные показатели представлены: коэффициентами внутрихозяйственной и межхозяйственной оросительной сети, использования оросительной воды на орошаемом поле, а также продуктивного и прогнозируемого водораспределения и водопользования, водообеспеченности орошаемой территории, качества планирования, качественного планирования и эффективной реализации процесса водопользования и водораспределения.

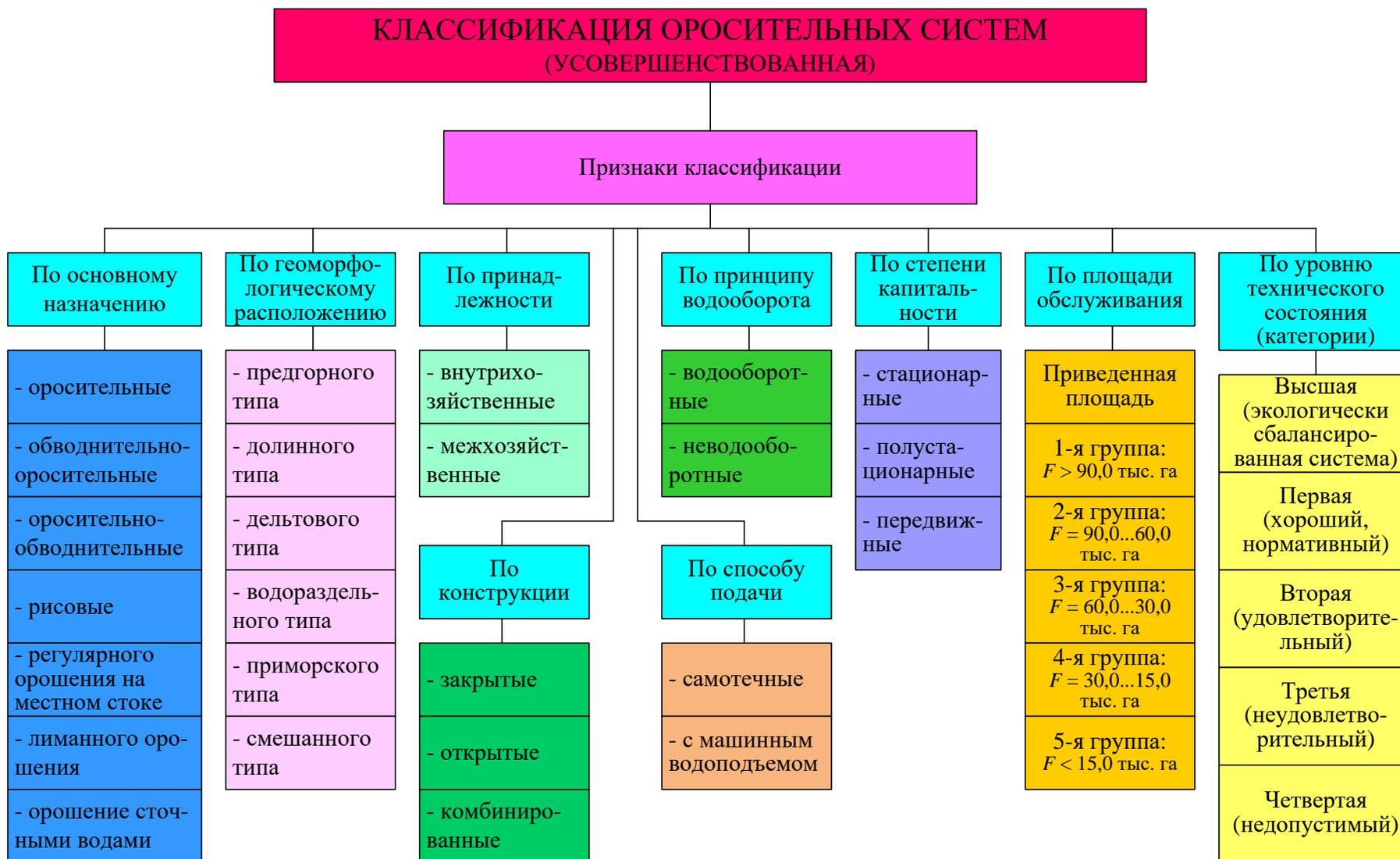


Рисунок 1 – Классификация оросительных систем

Для автоматизации определения рассматриваемых характеристик качественного планирования и эффективной реализации планов водопользования (также интегральных) и водораспределения соответствующей оросительной системы, а также ее отдельных элементов были разработаны специализированные программы и алгоритмы для порядкового определения количественных величин рассматриваемых параметров (рисунок 2). Определен диапазон потенциальных потерь воды в оросительных системах.

На рисунке 2 W_n , W_ϕ – плановые и фактические величины по всем показателям водопользования за определенный интервал времени (n); n – сутки, пентада, декада, месяц, год; P – эффективные осадки, мм; E_w – испаряемость, мм; E – суммарное испарение, мм; F – площадь, га; t – среднесуточная температура воздуха, °С; r – среднесуточная относительная влажность воздуха, %.

Для комплексной оценки технического уровня оросительной системы предлагается новая классификация ключевых нормативных характеристик, соответствующих требованиям, предъявляемым к уровню экологически сбалансированной оросительной системы (таблица 1). Классификация включает 13 ключевых показателей, расширяя существующие [8] по содержанию и количеству. Для рассматриваемых показателей приняты интервалы численных значений, которые характеризуют состояние объекта, дают ему оценку по уровню технического состояния и тем самым обосновывают необходимость разработки комплекса соответствующих мероприятий, обеспечивающих высокий технический уровень оросительных систем.

Основной показатель определялся по модифицированной авторами зависимости А. Н. Костякова (общий коэффициент полезного использования оросительной воды):

$$\eta_{o.c.} = \eta_{m.x.c.} \cdot \eta_{b.x.c.} \cdot \eta_{п.р.} \cdot \eta_{в.к.} = \eta_{c.к.} \cdot \eta_{п.р.} \cdot \eta_{в.к.}, \quad (1)$$

где $\eta_{m.x.c.}$, $\eta_{b.x.c.}$, $\eta_{c.к.}$, $\eta_{п.р.}$, $\eta_{в.к.}$ – коэффициенты полезного действия соответственно межхозяйственной и внутрихозяйственной оросительной сети и

системы каналов; продуктивности использования оросительной воды на поле; обеспеченности водой сельскохозяйственных культур.

Ввести исходную информацию:	$W_n, W_{\phi}, n, P, E_W, E, F, t, r$
Определить средние значения:	$\overline{W}_n, \overline{W}_{\phi}, \overline{P}, (\overline{E}_W - \overline{P})$
Действительное среднее отклонение плановых величин от фактических:	$\Delta W = (W_n - W_{\phi}) W_{\phi}^{-1}$
Среднеквадратичное отклонение аналогично: $\sigma_{W_{\phi}}, \sigma_P, \sigma_{(E_W - P)}$	$\sigma_{W_n} = \sqrt{\sum_1^n (W_n - \overline{W}_n)^2 \cdot (n-1)^{-1}}$
Ошибка выборочного среднего: а также: $\sigma_{\overline{W}_{\phi}}, \sigma_{\overline{P}}, \sigma_{(\overline{E}_W - \overline{P})}$	$\sigma_{\overline{W}_n} = \sigma_{W_n} / \sqrt{n}$
Коэффициенты вариации:	$V_{W_n} = \frac{\sigma_{W_n}}{W_n}; V_{W_{\phi}} = \frac{\sigma_{W_{\phi}}}{W_{W_{\phi}}}; V_P = \frac{\sigma_P}{P}; V_{(E_W - P)} = \frac{\sigma_{(E_W - P)}}{(E_W - P)}$
Среднеквадратичное отклонение плановых величин от фактических:	$\sigma_{\Delta W} = \sqrt{\sum_1^n (W_n - \overline{W}_{\phi})^2 \cdot (n-1)^{-1}}$
Относительное среднеквадратичное отклонение:	$\Delta \sigma_{\Delta \overline{W}} = 100 \cdot (\sigma_{\Delta W} / \overline{W}_{\phi})$
Рассчитать коэффициенты	
- ритмичности:	$R = \sum (W_{n_i} - \overline{W}_n) \cdot (W_{\phi_i} - \overline{W}_{\phi}) / \sqrt{\sum (W_{n_i} - \overline{W}_n)^2 \cdot \sum (W_{\phi_i} - \overline{W}_{\phi})^2}$
- точности планирования:	$K_{m.n.} = 1 - \Delta \sigma_{\Delta \overline{W}} / \sigma_{W_{\phi}}$
- эффективности планирования:	$K_{э.п.} = V_{W_n} / V_P$
- эффективности реализации:	$K_{э.р.} = V_{W_{\phi}} / V_P$
- устойчивости водопользования:	$K_{у.с.} = V_{W_{\phi}} / V_{(E_W - P)}$
Определить коэффициенты:	$\eta, \eta_{\phi}, \eta_n, \eta_{ек}, \eta_{пр}, \eta_0$
Вывод расчетных данных на печать	

Рисунок 2 – Алгоритм расчета интегральных показателей эффективности планирования и реализации водопользования

Таблица 1 – Классификация основных нормативных показателей для оценки технического уровня экологически сбалансированных оросительных систем

Показатель	Категория технического уровня				
	Высшая	Первая	Вторая	Третья	Четвертая
1 Водозабор из источника	плотинный	плотинный	бесплотинный	бесплотинный	бесплотинный
2 Коэффициент земельного использования $K_{зи}$	0,99–0,97	0,97–0,96	0,96–0,94	0,94–0,93	менее 0,93
3 Площадь засоленных земель, %	нет	нет	нет	2,0–3,0	более 3,0
4 Земли с критической глубиной залегания грунтовых вод, %	нет	нет	нет	менее 5,0	более 5,0
5 Общий коэффициент полезного использования оросительной воды η_0	1,00–0,98	0,98–0,96	0,96–0,90	0,90–0,83	менее 0,83
6 Коэффициенты					
6.1 полезного действия межхозяйственной и внутрихозяйственной оросительных сетей η	0,99–0,98	0,97–0,96	0,95–0,92	0,92–0,88	менее 0,88
6.2 ритмичности процессов водопользования K_R	0,98–0,96	0,96–0,90	0,90–0,75	0,75–0,30	менее 0,3
6.3 устойчивости водопользования $K_{у.в.}$	1,00–0,98	0,98–0,95	0,95–0,85	0,85–0,75	менее 0,75
6.4 готовности технических средств K_5	0,99–0,98	0,98–0,97	0,97–0,96	0,96–0,93	менее 0,93
6.5 вероятность безопасной работы технических средств P	0,99–0,98	0,98–0,97	0,97–0,96	0,96–0,93	менее 0,93
7 Ирригационный показатель качества оросительной воды $I_{п}$	0,00–0,70	0,00–0,70	0,70–0,90	0,90–1,10	1,10–1,20
8 Затраты энергии на подъем 1000 м ³ воды, кВт·ч					
8.1 при дождевании ζ_d	400–500	500–600	600–800	800–1200	более 1200
8.2 при поверхностном и внутриводочном орошении ζ_i	50–100	100–200	200–300	300–500	более 500
9 Водообеспеченность системы по расчетному году, за вегетационный период, %	1,00–0,98	0,98–0,95	0,95–0,90	0,90–0,80	менее 0,80
10 Объем наносов, м ³ /га	нет	нет	1,00–3,00	3,00–5,00	более 5,00
11 Межхозяйственная коллекторно-дренажная и сбросная сеть, м/га	более 35,0	35,0–25,0	25,0–20,0	20,0–10,0	менее 10
12 Межхозяйственные каналы и гидротехнические сооружения (техническая оснащенность), %	100,0	100,0	100,0–0,95	0,95–90,0	менее 0,90
13 Внутрихозяйственная сеть					
13.1 каналы инженерного типа, %	100,0	100,0	100,0–0,95	0,95–90,0	менее 0,90
13.2 инженерная техника полива, %	100,0	100,0	100,0–0,95	0,95–90,0	менее 0,90

По зависимости (1) следует определять общие коэффициенты полезного использования оросительной воды для отдельного хозяйства, водопользователя или фермерского участка. Коэффициенты полезного действия оросительных каналов определяются в соответствии со стандартной схемой расположения сети.

Для закрытых оросительных систем формула (1) принимает вид:

$$\eta_{o.c.} = \eta_{з.о.с.} \cdot \eta_{п.р.} \cdot \eta_{в.к.},$$

где $\eta_{з.о.с.}$ – коэффициент полезного действия закрытой оросительной сети.

Анализ полевых исследований, проведенных на оросительных системах Северного Кавказа, посвященных изучению водораспределения, дал возможность установить фактические значения рассматриваемых коэффициентов, а также закономерности распределения потерь на системах [9].

Анализ проведенных исследований вместе с теоретическим обоснованием и обширным опытом эксплуатации оросительных систем на всех их иерархических уровнях дает возможность обозначить ключевые тенденции развития мелиоративной отрасли в области экономии водных, энергетических и других видов ресурсов. Так, следует уделить особое внимание ресурсосберегающим технологиям не только при эксплуатации, но и при проектировании оросительных систем, организовать снижение сброса оросительной воды, обеспечить оптимальное водопользование в соответствии с требованиями сельскохозяйственных растений для формирования устойчивых и высоких урожаев [10, 11]. Необходимо наладить работу всех уровней оросительных систем на максимальное приближение к высшему, экологически сбалансированному уровню, когда все составляющие коэффициенты полезного использования оросительной воды стремятся к 100 %, что определяет рассматриваемый объект как технически совершенный, обеспечивая допустимое антропогенное воздействие на любые компоненты окружающей природной среды.

Вывод. Научное обоснование и разработка системы технико-экономических показателей и методик их определения, устанавливающих

соответствующий технический уровень систем орошения как в отдельных хозяйствах, так и для систем в целом, и в т. ч. экологически сбалансированных, полностью соответствуют ранее разработанной гипотезе научных исследований. Проведенные исследования позволили разработать комплекс технических и экологических показателей и соответствующие классификации для оценки технического уровня систем орошения, которые должны соответствовать, как правило, высшей и первой категории технического уровня. Таким образом, не стоит допускать потери водных и энергетических ресурсов как на оросительных каналах любого порядка, так и на орошаемой территории, превышающие 4 % от величины общего забора на орошение, что обеспечит экологическое равновесие в агроландшафтах. Разработанные компьютерные программы включены в соответствующие нормативные документы и применяются для формирования и реализации внутрихозяйственных планов водопользования и системных планов водораспределения на оросительных системах Северного Кавказа.

Список использованных источников

1 Ольгаренко, В. И. Комплексная оценка технического уровня гидромелиоративных систем / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 6. – С. 8–11.

2 Ольгаренко, И. В. Методология функционирования экологически сбалансированных оросительных систем / И. В. Ольгаренко // Труды КубГАУ. – 2010. – № 6(27). – С. 181–186.

3 Ольгаренко, Г. В. Научно-техническое обеспечение программы развития мелиорации земель / Г. В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 6. – С. 2–4.

4 Щедрин, В. Н. Состояние и перспективы развития мелиорации земель на юге России / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2014. – № 3(15). – С. 1–15. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec274-field6.pdf.

5 Васильев, С. М. Мониторинг орошаемого агроландшафта с учетом калибровки данных дистанционного зондирования в рамках геоинформационных технологий / С. М. Васильев, Л. А. Митяева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2017. – № 131. – С. 216–231. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/23.pdf>.

6 Насыров, Н. Н. Геоинформационные технологии районирования ресурсов орошаемого земледелия / Н. Н. Насыров, В. В. Корсак, Т. В. Соколова // Научное обозрение. – 2013. – № 2. – С. 30–38.

7 Васильев, С. М. Регулирование управленческих процессов в структурированных проблемных ситуациях АПК / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 4. – С. 12–13.

8 Пронько, Н. А. Информационные технологии в управлении плодородием орошаемых земель на локальном уровне / Н. А. Пронько, В. В. Корсак // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Саратов: ВНИИА, 2016. – С. 308–312.

9 Ольгаренко, И. В. Программное обеспечение процесса планирования водопользования на оросительных системах / И. В. Ольгаренко, В. И. Селюков // Природообустройство. – 2011. – № 4. – С. 4–8.

10 Юрченко, И. Ф. Исследование, создание и использование управленческих информационных технологий в сфере мелиораций / И. Ф. Юрченко, А. К. Носов, В. В. Трунин // Евразийский союз ученых. – 2014. – № 4. – С. 67–69.

11 Shcedrin, V. N. Safety problems of water-development works designed for land reclamation / V. N. Shcedrin, Y. M. Kosichenko // Power Technology and Engineering. – 2011. – Vol. 45, № 4. – P. 264–269.

References

1 Ol'garenko V.I., Ol'garenko G.V., Ol'garenko I.V., 2013. *Kompleksnaya otsenka tekhnicheskogo urovnya gidromeliorativnykh sistem* [Comprehensive assessment of the irrigation systems technical level]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 6, pp. 8-11. (In Russian).

2 Ol'garenko I.V., 2010. *Metodologiya funktsionirovaniya ekologicheskii sbalansirovannykh orositel'nykh sistem* [Ecologically balanced irrigation systems operation methods]. *Trudy KubGAU* [Proceed. of KubSAU], no. 6(27), pp. 181-186. (In Russian).

3 Ol'garenko G.V., 2013. *Nauchno-tekhnicheskoe obespechenie programmy razvitiya melioratsii zemel* [Scientific and technical support of the land reclamation program development]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 6, pp. 2-4. (In Russian)

4 Shchedrin V.N., Balakai G.T., 2014. *Sostoyanie i perspektivy razvitiya melioratsii zemel' na yuge Rossii* [The state and prospects for land reclamation development in the south of Russia]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii* [Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems], no. 3(15), pp. 1-15, available: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec274-field6.pdf. (In Russian).

5 Vasil'ev S.M., Mityaeva L.A., 2017. *Monitoring oroshaemogo agrolandshafta s uchetom kalibrovki dannykh distantsionnogo zondirovaniya v ramkakh geoinformatsionnykh tekhnologiy* [Irrigated agrolandscape monitoring taking into account the remote sensing data calibration under geoinformation technologies]. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University], no. 131, pp. 216-231, available: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/23.pdf>. (In Russian).

6 Nasyrov N.N., Korsak V.V., Sokolova T.V., 2013. *Geoinformatsionnye tekhnologii rayonirovaniya resursov oroshayemogo zemledeliya* [Geoinformational technologies of zoning the irrigated cropping resources]. *Nauchnoye obozrenie* [Scientific Review], no. 2, pp. 30-38. (In Russian).

7 Vasil'ev, S.M., Domashenko Yu.E., 2016. *Regulirovanie upravlencheskikh protsessov v strukturirovannykh problemnykh situatsiyakh APK* [Regulating management processes in structured problem situations of agrarian and industrial complex]. *Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Bull. of Russian Agricultural Science], no. 4, pp. 12-13. (In Russian).

8 Pron'ko N.A., Korsak V. V., 2016. *Informatsionnye tekhnologii v upravlenii plodorodiyem oroshaemykh zemel' na lokal'nom urovne* [Information technologies in the management irrigated lands fertility at the local level]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo: problemy i puti resheniya: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Irrigation and

Water Management: Problems and Solutions: Proceed. of the International Scientific-Practical Conference]. Saratov, VNIIA Publ., pp. 308-312. (In Russian).

9 Ol'garenko I.V., Selyukov V.I., 2011. *Programmnoe obespechenie protsessa planirovaniya vodopol'zovaniya na orositel'nykh sistemakh* [Software for water utilization planning process on irrigation systems]. *Prirodoobustroystvo* [Nature Engineering], no. 4, pp. 4-8. (In Russian).

10 Yurchenko I.F., Nosov A.K., Trunin V.V., 2014. *Issledovanie, sozdanie i ispol'zovanie upravlencheskikh informatsionnykh tekhnologiy v sfere melioratsiy* [Research, development and use of management information technologies in the field of land reclamation]. *Yevraziyskiy soyuz uchenykh* [Eurasian Union of Scientists], no. 4, pp. 67-69. (In Russian).

11 Shchedrin V.N., Kosichenko Y.M., 2011. Power Technology and Engineering, vol. 45, no. 4, pp. 264-269. (In English).

Ольгаренко Владимир Иванович

Ученая степень: доктор технических наук, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки РФ

Ученое звание: профессор

Должность: профессор

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственной аграрный университет»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: danel777888@mail.ru

Olgarenko Vladimir Ivanovich

Degree: Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Honorable Scientist of the Russian Federation

Title: Professor

Position: Professor

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University

Affiliation address: str. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: danel777888@mail.ru

Ольгаренко Игорь Владимирович

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: профессор

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственной аграрный университет»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: danel777888@mail.ru

Olgarenko Igor Vladimirovich

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Professor

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University

Affiliation address: str. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: danel777888@mail.ru

Дезюра Станислав Дмитриевич

Должность: аспирант

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственной аграрный университет»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: sdezeura@mail.ru

Dezura Stanislav Dmitrievich

Position: Postgraduate

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University

Affiliation address: str. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: sdezeura@mail.ru

Герасименко Мария Владимировна

Должность: аспирант

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственной аграрный университет»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: vumolot2@mail.ru

Gerasimenko Maria Vladimirovna

Position: Postgraduate

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University

Affiliation address: str. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: vumolot2@mail.ru

Ольгаренко Владимир Игоревич

Ученая степень: кандидат технических наук

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: olgarenko_vi@mail.ru

Olgarenko Vladimir Igorevich

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Senior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: olgarenko_vi@mail.ru