

УДК 6.31.6.03

**МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ  
УРОВНЯ КАЧЕСТВА ПРОЕКТОВ МЕЛИОРАТИВНЫХ  
СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ КВАЛИМЕТРИИ  
И ГОССЕНОВА ВТОРОГО ЗАКОНА**

**Шавва К.И., д.т.н., проф., Дорощев В.С., д.т.н., проф.**

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

Согласно ГОСТ 15467-70 под качеством любой продукции понимается совокупность ее свойств, обуславливающих пригодность продукции удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением и высокой рентабельной доходностью.

Однако до настоящего времени эксплуатируются оросительные системы, построенные 15 – 25 лет тому назад, которые до настоящего времени так и не достигли проектной урожайности и на орошаемых землях фермерских хозяйств имеют низкий технический, экологический, экономический уровень.

Такие оросительные системы необходимо реконструировать и повысить их техно-эколого-экономические параметры, используя для этого методы квалиметрии [15].

Технический уровень показателей проекта проектируемой оросительной системы сравнивается с лучшими показателями отечественных и зарубежных оросительных систем.

Эта совокупность операций, включающая выбор и номенклатуру показателей для оценки качества проекта, определение их численных значений, выбор базовых (эталонных) показателей, определение значения относительных показателей для обоснования наилучших решений, реализуемых при оценке уровня качества проектов оросительных систем в соответствии с требованиями ГОСТ 16431-70.

Для оценки качества проектов используют базовые показатели, выбор которых является одной из важнейших задач, решаемых при комплексной оценке качества. Базовое значение показателя – значение, принятое за исходное при сравнении уровня качества. Базовые значения показателей устанавливают расчетным или экспертным методом [3].

Используемые для комплексной количественной оценки уровня качества проектов оросительных систем показатели показаны на рисунке 1.



Рис.1. Классификация основных оценочных показателей используется при комплексной количественной оценке уровня качества проектов мелиоративных систем

Условно принято, что единичный показатель характеризует только одно свойство объекта, комплексный - несколько. При этом, если комплексный показатель охватывает свойства объекта принятые при его оценивании, тогда его называют обобщенным показателем.

Групповой показатель ( $P_{i\text{ гр}}$ ) определяется совокупностью единичных ( $P_{i\text{ ед}}$ ) определенного вида единичных показателей,

$$\text{то есть} \quad P_{i\text{ гр}} = \sum P_{i\text{ гр}} \quad (1)$$

Обобщенный показатель качественной мелиоративной системы определяется совокупностью групповых показателей качества, но без экономических показателей.

$$\ddot{I}_{i\text{ а}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{гб}}} D_{j\text{ а}} \cdot \beta_{j\text{ а}} \quad , \quad (2)$$

Интегральный показатель ( $I_j$ ) качества мелиоративной системы определяется отношением суммарных приведенных затрат к обобщенным ущербам качества ( $\Pi_{\text{об}}$ ) той или иной оросительной системы.

$$I_j = \frac{C_j + E_t \cdot \hat{E}_j + Y_{j\text{ а}}}{\ddot{I}_{i\text{ а}}} \rightarrow \min ,$$

где  $\ddot{I}_{i\text{ а}}$  - обобщенный показатель технического уровня j-й оросительной системы в баллах или в %;

$D_{j\text{ а}}$  - групповой показатель качества j-й оросительной системы;

$n_{\text{ед}}$ ,  $n_{\text{гр}}$ ,  $n_{\text{об}}$  - соответственно число единичных, групповых и обобщенных показателей оросительной системы;

$\beta_{\text{ед}}$ ,  $\beta_{\text{гр}}$ ,  $\beta_{\text{об}}$  - соответственно весомость единичных, групповых и обобщенных показателей;

$I_j$  - интегральный показатель качества j-й оросительной системы;

$C_j$  - удельные годовые эксплуатационные издержки j-й оросительной системы, гр/га;

$E_n$  - нормативный коэффициент эффективности, принят равным  $E_n = 0,15$ ;

$\hat{E}_j$  - удельные капиталовложения в строительство или реконструкцию j-й оросительной системы, гр/га;

$Y_{j\text{ а}}$  - удельный экологический ущерб, наносимый j-й оросительной системой окружающей среде, гр/га.

До настоящего времени не разработана методика комплексной качественной оценки уровня качества для действующих и

реконструируемых межхозяйственных оросительных систем, в которой кроме техно-эксплуатационных показателей учитывался бы также экологический ущерб, наносимый окружающей среде.

Основной задачей комплексного управления качеством создания мелиоративной строительной продукции является обеспечение оптимального уровня качества на всех стадиях ее создания, начиная с планирования, проектирования, строительства и заканчивая эксплуатацией межхозяйственных и внутривладельческих оросительных систем.

Наиболее сложным показателем является комплексный показатель оценки качества межхозяйственной оросительной системы в целом, который включает в себя совокупность отдельных групп показателей свойств этой оросительной системы.

Уровень качества мелиоративной системы - это относительная характеристика ее качества, основанная на сравнении значений показателей оцениваемой системы с базовыми (эталонными) показателями лучших отечественных или зарубежных систем.

Одной из главных задач управления качеством в мелиоративном строительстве является рациональный выбор номенклатуры оценочных показателей качества для каждого водохозяйственного объекта.

Показатели свойств мелиоративных систем подразделяются на несколько групп:

- по численности применяемых показателей они подразделяются на единичные, комплексные и интегральные показатели;
- в зависимости от стадии создания мелиоративной системы они подразделяются на проектные, строительные и эксплуатационные;
- по совокупности близких свойств они делятся на целевые, технические, экологические, экономические и эксплуатационные;
- по уровню представления они делятся на абсолютные и относительные показатели.

Единичный (дифференциальный) показатель качества характеризует одно свойство строительной продукции. Например, коэффициент полезного действия, коэффициент земельного использования и т.д.

Каждый из этих показателей можно выразить в абсолютном или в относительном значении. Для расчета величины общего комплексного показателя уровня качества межхозяйственной оросительной системы или ее отдельных элементов (каналов, плотин, насосных станций, водохранилищ и т.д.) необходимо определить:

- номенклатуру оценочных показателей свойств качества оросительной системы;

- коэффициент весомости показателей как единичных, так и комплексных показателей;
- рассчитать относительные значения показателей качества для единичных и групповых свойств оросительной системы;
- определить величину общего, комплексного или интегрального показателя качества межхозяйственной оросительной системы.

В основу предлагаемой методики для комплексной оценки уровня качества действующих и реконструируемых оросительных систем нами были использованы методы, применяемые в квалиметрии - науке об измерении уровня качества в мелиорации, сельском хозяйстве, в строительной, в машиностроении и в других отраслях народного хозяйства.

При оценке уровня качества оросительных систем решающее значение имеют правильный выбор как единичных, так и групповых критериев и метода их оценки, а также метода оценки весомости отдельных свойств мелиоративной системы.

Из всех известных методов наиболее приемлемым (применительно к оценке оросительных систем), оказались дифференциальный, комплексный и интегральный методы, заключающийся в сравнении количественных значений показателей качества проектируемых оросительных систем с эталонной лучшей базовой оросительной системой, которая имеет более высокие технические, эксплуатационные, экономические и экологические показатели.

Для комплексной оценки уровня качества состояния межхозяйственных действующих и реконструируемых оросительных систем в данной методике принято четыре группы обобщенных показателей оценивающие техническое, эксплуатационное, экономическое и экологическое состояние проектируемой оросительной системы.

Отдельные групповые показатели неравнозначно влияют на общий уровень качества оросительных систем. Общая сумма групповых коэффициентов весомости  $\sum K_{гр}$ , должна быть равна 100%.

Каждый из групповых показателей включает несколько его основных единичных натуральных по показателям качества  $\beta_i$ .

Каждый частный единичный показатель, входящий в ту или иную группу, оценивается по его значимости или весомости в этой группе коэффициентом ( $\beta_i$ ) в долях единицы. Сумма единичных показателей для каждого группового показателя должна быть равна единице

$$\sum_{i=1}^n \beta_{ij} = 1 \quad (4)$$

Абсолютные значения параметров качества оросительной системы должны быть приведены к безразмерному виду с помощью формул:

$$q_i = \frac{P_{in}}{P_{i\phi}}; \text{ в долях единицы} \quad (5)$$

$$q_i = \frac{P_{cp}}{P_n}; i=1, 1 \dots n \quad (6)$$

где  $q_i$ ,  $q_i'$  - относительные значения  $i$ -го единичного показателя качества, который входит в  $j$ -й группы, в долях единиц;  $\beta_i$  - вес  $i$ -го единичного показателя, входящего в группу, в долях от единицы;  $P_{i\phi}$  - нормативное значение  $i$ -го показателя в натуральных единицах измерения;  $D_{\hat{q}_i}$  - фактическое значение  $i$ -го единичного показателя качества в натуральных единицах измерения;  $n_{ij}$  - число оценивающих  $i$ -х единичных показателей, входящих в  $j$ -ю группу.

Оценка общего технического уровня  $j$ -го проекта оросительной системы  $\hat{I}_{kj}$  определяется на основе относительных показателей свойств проекта с учетом весомости каждой группы и отдельных единичных свойств в общей потребительской стоимости оросительной системы производится по формуле [20, с 85]:

$$\hat{I}_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n P_o \cdot \beta_{i\hat{a}}}{\sum_{i=1}^n \beta_{i\hat{a}}} \quad (7)$$

где  $\hat{E}_{\hat{a}^i}$  - коэффициент весомости  $i$ -го свойства, количественная характеристика значимости данного свойства среди других свойств объекта;  $i$  (1,2,...n) – группы и виды свойств.

Окончательная, заключительная оценка сравниваемых проектов оросительных систем производится с использованием интегрального показателя качества

Интегральный показатель оценки уровня качества ( $I_k$ ) той или иной оросительной системы отражает отношение удельных приведенных затрат по каждой оросительной системе к удельному общему

техническому показателю этой оросительной системы, который рассчитывается по формуле:

$$I_k = \frac{U_k + E_n K_k + \sum_1^n Y_k}{\Pi_k^{общ}} \Rightarrow \min ; \quad (8)$$

где :  $I_k$  – интегральный показатель уровня качества оцениваемых  $k$ -х оросительных систем, гр/балл или %;  $U_k$  – удельные годовые эксплуатационные затраты по  $k$ -ой оросительной системе, гр/га;  $K_k$  – удельные капиталовложения в строительство или реконструкцию  $k$  оросительной системы, гр/га;  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, равный  $E_n = 0,15$ ;  $\sum_1^n \acute{O}_i$  – удельный

ежегодный экологический от потерь поливной воды, засоления и подтопления земель, потерь от ветровой и водной эрозии почвы, гр/га.

Экологические показатели характеризуют уровень вредных воздействий на окружающую среду, возникающих при эксплуатации мелиоративных объектов. К экологическим показателям относятся: содержание вредных примесей, выбрасываемых в окружающую среду, вероятность выбросов вредных частиц, газов, излучений, загрязняющих почву.

При определении экологических показателей необходимо руководствоваться требованиями и нормами, установленными государственными стандартами в области охраны природы и рационального использования природных ресурсов.

В работе [5] академика Академии наук Украины А. Н. Алымова показано, что при определении различных показателей промышленные водохозяйственные, сельскохозяйственные и другие объекты в качестве критерия целесообразности их размещения и строительства является, как правило, минимум приведенных затрат, который не учитывает экологию.

Экологический ущерб, наносимый предприятием окружающей среде, в расчет не принимается, хотя реально он существует и выражается в дополнительных потерях материальных, трудовых, финансовых и природных ресурсов. Но для предприятий этот ущерб выступает неким внешним фактором, за который они практически не несут ответственности. Поэтому в проектных расчетах часто получают преимущество более дешевые природоёмкие варианты, в то время как прогрессивные с народнохозяйственной точки зрения природосберегающие технологические процессы оказываются невыгодными.

И далее он пишет: «На наш взгляд, применяемый в настоящее время критерий наименьших приведенных затрат следует дополнить показателем, характеризующим минимальный эколого-экономический ущерб, наносимый предприятием окружающей среде. В этом случае приведенные затраты можно определять по формуле:

$$Z_i = C_i + E_n * K_i + \sum_i^n Y_i \rightarrow \min ; \quad (9)$$

где:  $Z_i$  - удельные приведенные затраты на 1 га, гр/га;  $C_i$  - себестоимость единицы продукции, гр/га;  $E_n$  - нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений, равный  $E_n = 0,15$ ;  $K_i$  - удельные капитальные вложения в производственные фонды, гр/га;  $Y_i$  - удельный эколого-экономический показатель, гр/га;  $n$  - число видов экологических ущербов, наносимых  $j$ -м объектом окружающей среде».

Считаем, что предложение А. Н. Алымова об обязательном учете экологического ущерба в приведенных затратах при проектировании как мелиоративных систем, так и их отдельных элементов.

В работе [8] приведены два Госсеновых закона. Госсен (1810-1859) обнаружил две закономерности, которые сегодня всеми называются первым и вторым Госсеновыми законами.

Второй Госсенов закон отвечает на вопрос, как должен использоваться данный закон, чтобы получить максимальную выгоду.

При этом следует исходить из предположения о том, что человек одновременно имеет множество потребностей.

Ученый-экономист Репке объясняет второй Госсенов закон на примере упаковки чемодана. Не все предметы обихода и книги могут быть взяты с собой в путешествие. Если бы были взяты, например, только книги, то путешественник вскоре оказался бы в очень затруднительном положении. Если путешественник взял с собой только костюмы, то вскоре ему стало недоставать рубашек, носков и книг. Чемодан тогда упакован идеально, когда предельная полезность одинаково велика для костюмов, рубашек, носков и книг.

Считаем, что использовать этот закон целесообразно при определении коэффициентов весомости единичных, групповых и обобщающих показателей свойств мелиоративных систем, и отдельных их.

В нашей работе второй закон Госсена использован для количественной оценки весомости единичных групповых и обобщающих показателей оценки свойств проекта.

В настоящее время при проектировании мелиоративных систем не учитывается экологический ущерб, наносимый водохозяйственными



системами окружающей среде и человеку (засоление земель, подтопление земель, разрушение и смыв почвы и т. п.), который должен обязательно учитываться при их технико-эколого-экономическом обосновании проектов мелиоративных систем, проектов оросительных систем.

По этому поводу академик А. Н. Алымов пишет в [5, стр.240]: “На наш взгляд, применяемый в настоящее время критерий наименьших приведенных затрат следует дополнить показателем характеризующим минимальный эколого-экономический ущерб, наносимый промышленным производством окружающей среде”.

С этим предположением мы согласны, и используем в технико-эколого-экономических расчетах при количественной оценке проектов оросительных систем.

В этом случае он предлагает приведенные затраты определять по формуле [5]:

$$C_s = \tilde{N}_s + \hat{A}_t \cdot \hat{E}_s + \hat{O}_s \rightarrow \min; \quad (10)$$

$C_s$  – приведенные затраты единицы  $z^e$  продукции;  $\tilde{N}_s$  – себестоимость  $z^e$  единицы продукции;  $\hat{E}_s$  – удельные капитальные вложения в  $z^a$  производственные фонды;  $\hat{O}_s$  – удельный экологический ущерб;  $\hat{A}_t$  – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений.

В работе В. Д. Дупляка [6] степень пригодности параметров той или иной мелиоративной системы или ее отдельных элементов предлагается определять по относительным показателям исправности ( $q_i$ ).

Для количественной оценки технического состояния мелиоративной системы сопоставляют относительные показатели параметров проектируемой системы (обеспеченности расхода  $q_p$ , напора  $q_t$ , мелиоративного состояния земель  $q_w$ , коэффициента полезного действия системы  $q_c$ ) с граничными значениями, которые соответствуют оценкам хорошо, удовлетворительно или неудовлетворительно состоянию оросительной системы или отдельных ее участков или сооружений.

Расчеты ведутся по зависимостям [ 6]:

$$q_p = \frac{Q_{\hat{\delta}}}{Q_{i\check{\delta}}}; q_i = \frac{I_{\hat{\delta}}}{I_{i\check{\delta}}}; q_{\omega} = \frac{\omega_{\hat{\delta}}}{\omega_{i\check{\delta}}}; q_i = \frac{\eta_{\hat{\delta}}}{\eta_{i\check{\delta}}}; \quad (11)$$

где  $Q, I, \omega, \eta$  – соответственно расход, напор, площадь участка с хорошим мелиоративным состоянием, КПД. Индексы “ $\hat{\delta}$ ” и “ $i\check{\delta}$ ” соответствуют фактическому и проектному состоянию.

Полученные результаты сравнивают с граничными значениями показателей, приведенных в таблице 1, и определяют уровень технического состояния оросительной системы.

Таблица 1

Граничные значения относительных показателей технического состояния оросительных систем [6]

Элементы оросительной системы	Техническое состояние		
	Хорошее	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Каналы, открытые в земляном русле	> 0,97	0,97-0,82	< 0,81
Крепленные	> 0,97	0,97-0,88	< 0,87
Лотки	> 0,98	0,98-0,89	< 0,88
Трубопроводы	> 0,98	0,98-0,93	< 0,92
Коллекторно-дренажная сеть открытая	> 0,96	0,96-0,76	< 0,76
	Закрытая	> 0,98	0,98-0,88
Скважина вертикального дренажа	> 0,95	0,95-0,90	< 0,89
Гидротехнические сооружения	> 0,97	0,97-0,87	< 0,86
Дренажные насосные станции, здания	> 0,97	0,97-0,83	< 0,82
Оборудование	> 0,95	0,95-0,93	< 0,92
Стационарные насосные станции-здания	> 0,97	0,97-0,83	< 0,62
Оборудование	> 0,94	0,94-0,86	< 0,85

Полученные результаты сравнивают с граничными значениями показателей, приведенных в таблице 1, и определяют техническое состояние мелиоративной системы. Если расчетные значения показателей меньше оценки неудовлетворительной, тогда объект подлежит реконструкции.

Считаем, чтобы более полно и объективно оценить количественно уровень качества проектов вновь проектируемых или реконструируемых систем необходимо применение сочетания методов квалиметрии в сочетании с экологическим ущербом, наносимым мелиорацией окружающей среде.

В данной работе выбор оптимального варианта из числа сравниваемых проектов оросительных систем производится по двум методикам:

а) с использованием методов квалиметрии, в которых весомость отдельных свойств (параметров) оценивается с использованием экспертных методов, включающих группу высококвалифицированных специалистов в количестве 8-14 человек.

б) когда весомость обобщающих и единичных показателей производится одним специалистом с использованием второго закона Госсена, где все групповые и единичные показатели имеют одинаковую весомость.

В этом случае используются одновременно и законы квалиметрии, а для оценки весомости отдельных и групповых показателей применяем второй закон Госсена, который позволяет более обоснованно и менее трудоемко определять весомость единичных и групповых показателей, а также в целом оценивать уровень качества проектируемых и реконструируемых оросительных и осушительных систем, как межхозяйственных, так внутрихозяйственных мелиоративных систем.

В данной работе производится сравнительная количественная оценка уровня качества проектов мелиоративных систем по двум методикам, когда:

а) количественная оценка уровня качества проекта той или иной мелиоративной системы производится с использованием методов квалиметрии и экспертных методов оценки весомости единичных и групповых показателей;

б) когда квалиметрическая оценка уровня качества проектов мелиоративных систем с оценкой весомости групповых и единичных показателей с использованием второго Госсенова закона позволяет значительно сократить время на оценку показателя весомости единичных и групповых показателей и значительно упростить сам

расчет оценки показателей весомости для каждого мелиоративного проекта.

Для комплексной количественной оценки уровня качества мелиоративных проектов нами был использован ГОСТ 2116-71 «Карта технологического уровня и качества продукции, которая предусматривает следующие основные показатели качества:

1. Техничко-эксплуатационные показатели качества проектов оросительных систем и полезный эффект от использования оросительной системы.

2. Показатели надежности и долговечности, характеризующие ее стабильность эксплуатационных показателей качества и продолжительность их проявления.

3. Показатели технологичности, характеризующие эффективность проектных решений для обеспечения высокой производительности труда при изготовлении и ремонта оросительных систем.

4. Показатели эргономичности, характеризующие систему человек-проект-среда и учитывающие соответствие свойств проекта, лучшим свойствам, эталонным или базовым показателям.

5. Экологические показатели оросительных систем, показывающие негативно воздействующие на окружающую среду и вызывающие ущербы и потери на мелиоративных системах.

6. Экономические показатели оросительных и осушительных систем, которые характеризуются следующими удельными показателями:

- удельных капиталовложений на 1 гектар мелиорируемой площади;
- удельных годовых эксплуатационных затрат на 1 га;
- величиной удельного чистого дохода на 1 га мелиорируемой площади;
- сроком окупаемости капиталовложений в мелиорируемую площадь;
- величиной удельного ущерба на 1 га орошаемой площади.

Выбор аналога (эталона) при комплексной количественной оценке уровня качества проектов мелиоративных систем производится путем сравнения показателей проектируемой мелиоративной системы с лучшими показателями отечественными или аналогичными зарубежными мелиоративными системами.

Эколого-экономическая оценка проектов различных водохозяйственных, сельскохозяйственных и других предприятий с учетом экологического ущерба была использована ранее в работах К. Шавва [9,10], академика В.М. Зубца [24], молдавских ученых[21].

Применительно к оросительным и осушительным системам экологический ущерб, наносимый окружающей среде, фермерским хозяйствам, населению носит различный характер- отчуждение земли под строительство, потери воды на фильтрацию и испарение, вторичное засоление орошаемых земель, подтопление и затопление используемых земель, ущерб от недобора урожая на засоленных землях, а также ущерб, наносимый водной и ветровой эрозией почве.

Одной из сложных и недостаточно исследованных научных проблем в мелиорации является разработка методов определения для различных видов экологических ущербов, обусловленных мелиорацией земель. Для количественной оценки некоторых видов ущербов нами предложены расчетные формулы.

В 1990 году в Украине площадь засоленных земель составила 881 тыс. га, а с солонцовыми комплексами – 369 тыс. га, которые требуют их коренного улучшения [26]. Поэтому при реконструкции действующих мелиоративных систем, имеющих засоленные участки, необходимо учитывать экологический ущерб, вызываемый засолением почв и резким снижением урожайности сельхозкультур, величину которого можно рассчитать, используя научные разработки группы молдавских ученых [21]. Полученные ими линейные уравнения для двенадцати сельскохозяйственных культур о снижении урожайности от засоления почвы и величины ущерба, наносимого фермерским хозяйствам на мелиорируемых землях, показаны в таблице 1[2]:

Таблица 2

Уравнения для определения снижения урожайности культур  
от засоленности почвы [21]

№ п/п	Наименование сельскохозяйственной культуры	Уравнение регрессии
1	2	3
1	Озимая пшеница	$Y_1=103-99X$
2	Кукуруза на зерно	$Y_2= 112-116X$
3	Кукуруза на силос и зеленую массу	$Y_3= 104-52X$
4	Люцерна	$Y_4= 105-55X$
5	Картофель	$Y_5= 121-114X$
6	Подсолнечник	$Y_6= 114-54X$
7	Томат рассадный	$Y_7= 107-59X$
8	Томат безрассадный	$Y_8= 102-75X$
9	Горох овощной	$Y_9= 101-121X$
10	Перец сладкий	$Y_{10}= 95-72X$
11	Баклажаны	$Y_{11}= 109-63X$
12	Свекла столовая	$Y_{12}= 103-31X$

Примечание: где  $Y$  – урожай, %, полученный на незасоленной почве;  $X$  – содержание солей, %, от массы сухой почвы.

Расчет недобора урожая от засоления почвы для озимой пшеницы показан в иллюстрированном примере ниже.

**Пример.** Используя линейные уравнения, приведенные в таблице 2, рассчитаем для озимой пшеницы снижение или потерю урожая от засоления орошаемых земель в фермерском хозяйстве, следующим образом. Например, при содержании солей в активном слое почвы 0,45%: урожай озимой пшеницы составит:

$Y_1= 103-99*0,45=58\%$  от получаемого на незасоленных землях в аналогичных условиях, допустим 50 ц/га. В этом случае мы можем рассчитывать на получение урожая на засоленной почве на уровне 30 ц/га. Недобор урожая озимой пшеницы из-за засоления почв в хозяйстве составляет 20 ц/га или 40% ( $20/50*100=40\%$ ) и соответственно на 40% недобор прибыли фермерского хозяйства из-за засоления почвы.

Как видно из приведенного расчета, фермерскому хозяйству засоление почв наносит большой экологический ущерб, который необходимо учитывать при проектировании оросительных систем. Приведенные в таблице 1 линейные уравнения позволяют рассчитывать экологический ущерб от засоления орошаемых почв для двенадцати орошаемых сельскохозяйственных культур.

Удельный экологический ущерб от ирригационной эрозии почв определяем по среднегодовому смыву почв, который по данным [ ] в среднем достигается в т/год на 1 га, что соответствует средним потерям гумуса в год при его содержании в черноземной почве 3,8%, при потере гумуса в год 0,2 т/га, что ориентировочно по стоимости азотных удобрений 0,5 гр/кг  $U^{кр}$  составляет 200 кг,  $0,3 = 160$  гр/га.

В работе [9,10] предложено учитывать экологический ущерб, вызванный отчуждением земли под каналы и сооружения ( $У_3$ ) для каждого из сравниваемых вариантов составляет потерю ежегодного чистого дохода, который можно получить на отчуждаемых участках при орошении.

Зная величину ежегодного дохода ( $d=500$  р/га), приходящийся на гектар орошаемой земли и коэффициент использования земли (К.З.И.) для данного участка сети на площади  $F_{нт}$  (нетто) для каждого варианта определяем величину ущерба, связанного с отчуждением земель, по формуле:

$$Y_3^{омч} = d * F_{нетто} * \frac{(1 - КЗИ)}{КЗИ}, \text{ гр/год} \quad (12)$$

$$d * \frac{(1 - КЗИ)}{КЗИ} = 500 * \frac{(1 - 0.85)}{0.85} = 88 \text{ гр/год} \quad (13)$$

Общая стоимость теряемой поливной воды ( $B$ ) из-за низкого коэффициента полезного действия сети ( $\eta_c$ ), оцениваемой в гр/м<sup>3</sup> и объема теряемой воды, рассчитывается по формуле:

$$B = \frac{Q * F_{нетто} * C}{100} * \frac{1 - \eta}{\eta}, \quad (14)$$

где  $Q$  – оросительная норма, м<sup>3</sup>/га (нетто)

$$B = \frac{3500 * 340 * 0.2}{100} * \frac{1 - 0.9}{0.9} = 238 - 0.111 = 26.44 \text{ гр/га.}$$

Цены на поливную воду для внутрихозяйственных оросительных систем целесообразно определять по удельным затратам приходящимся на один гектар орошаемой площади по формуле:

$$\overline{C}_{iв.х} = \frac{C^{с.в} * \overline{M}_{iср.вз}^{бр} + Z_n + K_{iв.х}(\alpha_p + \alpha_{к.р} + \alpha_{т.р}) + Z_{эл.эн} + \Delta Z_{ор.с/х}}{\overline{M}_{ср.вз}^{бр}}, \quad (15)$$

где:  $\overline{C}_{iв.х}$  - цена (тариф 1 м<sup>3</sup>) поливной воды на i-ой внутрихозяйственной системе, гр/м<sup>3</sup>;  $C^{с.в}$  – государственный тариф на забор воды из поверхностных или подземных водоисточников, гр/м<sup>3</sup>;  $\overline{M}_{iср.вз}^{бр}$  - средневзвешенная оросительная норма брутто i-й внутрихозяйственной системы, м<sup>3</sup>/гр;  $Z_n$  – удельная заработная плата работников, обслуживающих внутрихозяйственную систему, гр/га;  $K_{м.х}$  – удельные капиталовложения в строительство i-й межхозяйственной или внутрихозяйственной оросительной системы, гр/га;  $\alpha_p$ ,  $\alpha_{к.р}$ ,  $\alpha_{т.р}$  – соответственно нормы отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонт, в долях единицы или в %;  $Z_{эл.эн}$  – удельные затраты на оплату потребленной электроэнергии, гр/га;  $\Delta Z_{ор.с/х}$  - удельные затраты на дополнительные сельскохозяйственные издержки, связанные с выращиванием, уборкой, транспортировкой и хранением дополнительного урожая с/х культур, полученного за счет орошения, гр/га.

Засоление почв орошаемых земель приводит к резкому снижению урожаев возделываемых культур. Так, по данным многолетних исследований молдавских ученых [21], снижение урожайности сельскохозяйственных культур в % от соответствующего урожая примерно от 15 до 40% и более (таблица 2).

**Пример.** Необходимо произвести комплексную количественную оценку технико-эколого-экономического состояния пяти проектов реконструируемых оросительных систем, установить рациональную очередность их строительства.

Результаты оценки технического уровня пяти сравниваемых оросительных систем показаны в таблице 3.

Исходные данные их основных параметров и определение значений единичных, обобщающих и интегральных показателей показаны в таблицах.



Исходные данные для определения расчетно-экономических показателей оросительных систем и расчет интегрального показателя показаны в таблице 3.

Расчет технического уровня сравниваемых пяти оросительных систем приведен в таблице 3.

Экономические показатели сравниваемых пяти оросительных систем показаны в таблице 4.

Окончательный выбор уровня качества сравниваемых межхозяйственных оросительных систем производится с использованием интегрального показателя ( $I_i$ ) по уравнению (5).

Проиллюстрируем применение данной методики для общей комплексной количественной технико-эколого-экономической оценки 5 оросительных систем с использованием интегрального показателя.

Используя уравнение (5) и обобщенные технико-эколого-экономические показатели пяти оросительных систем, рассчитаем величины интегрального показателя для каждой оросительной системы, получим интегральные приведенные затраты на 1 балл в гр/балл:

Таблица 3

Расчет технического показателя уровня качества проектов пяти сравниваемых оросительных систем с использованием квалиметрии и Госсенового закона

№ п/п	Показатели потребительских свойств качества проектов оросительных систем	Весомость групповых свойств показателей, %	Весомость единичных свойств показателей, %	Весомость отдельных свойств показателей в целом по проекту, % или баллы	Оценка показателей свойств оросительной системы						Базовые абсолютные (эталонные) показатели свойств оросительной системы
					1-я оросительная система			2-я оросительная система			
					Абсолютные показатели 1 оросительной системы	Относительные показатели 1 оросительной системы	С учетом весомости свойств 1 оросительной системы	Абсолютные показатели 2 оросительной системы	Относительные показатели 2 оросительной системы	С учетом весомости свойств 1 оросительной системы	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	21
1	1 Функциональные свойства оросительных систем										
	1 Площадь оросительной системы, га		0,20	4	1500	1	4	1300	0,866	4,33	1500
	2 Коэффициент полезного действия оросительной системы, $\eta$		0,25	5	0,85	0,893	4,5	0,75	0,789	4,263	0,95
			0,20	4			11			3,46	
			0,25	5			4,4			3,947	

№ п/п	Показатели потребительских свойств качества проектов оросительных систем	Весомость групповых свойств показателей, %	Весомость единичных свойств показателей, %	Весомость отдельных свойств показателей в целом по проекту, % или баллы	Оценка показателей свойств оросительной системы						Базовые абсолютные (эталонные) показатели свойств оросительной системы	
					3-я оросительная система			4-я оросительная система				
					Абсолютные показатели 3 оросительной системы	Относительные показатели 3 оросительной системы	С учетом весомости свойств 3 оросительной системы	Абсолютные показатели 4 оросительной системы	Относительные показатели 4 оросительной системы	С учетом весомости свойств 4 оросительной системы		
1	2	3	4	5	12	13	14	15	16	17	21	
1	1 Функциональные свойства оросительных систем											
	1 Площадь оросительной системы, га		0,20	4	1260	0,87	4,635	1100	0,733	3,5	1500	
	2 Коэффициент полезного действия оросительной системы, $\eta$		0,25	5	0,9	0,947	4,035	0,35	0,867	4,335	0,95	
			0,25	5			4,737			4,35		



Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	21
1	1 Функциональные свойства оросительных систем										
	3 Коэффициент использования земли, $\eta_z$	20 20	0,15 0,20	3 3	0,85	0,895	2,62 2,68	0,88	0,926	3,226 2,779	0,98
	4 Средняя оросительная норма (брутто) $M_{ср}$ , м <sup>3</sup> /га		0,20 0,20	4 4	2900	0,906	3,625 3,655	3200	1	3 4	3200
	5 Ордината укомплектованного графика, л/с га		0,20 0,20	5 5	0,8	0,788	3,888 3,885	0,75	0,833	4,37 4,165	0,8
	Итого по 1 группе показателей		$\Sigma = 1$				$\Sigma=18,58$ $\Sigma=18,68$			$\Sigma=18,35$ $\Sigma=17,26$	
2	II Надежность хозяйственных систем										
	1 Срок службы, годы		0,25 0,25	6,25 5,0	60	1	6,25 5,0	40	0,92	5,75 4,6	60
	2 Продолжительность и вероятность безотказной работы, баллы	25 20	0,25 0,25	6,25 5,0	45	0,75	4,58 4,75	5,2	1	6,25 5,0	5
	3 Вероятность и средневременная трудоспособность, баллы		0,25 0,25	6,25 4,0	4,5	0,8	5,0 4,5	5	1	6,25 5,0	5

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	12	13	14	15	16	17	21
1	1 Функциональные свойства оросительных систем										
	3 Коэффициент использования земли, $\eta_z$	20 20	0,15 0,20	3 3	0,9	0,916	3,695 2,755	0,98	1	4 3	0,98
	4 Средняя оросительная норма (брутто) $M_{ср}$ , м <sup>3</sup> /га		0,20 0,20	4 4	2800	0,875	2,695 3,5	2400	0,75	2,25 2,0	3200
	5 Ордината укомплектованного графика, л/с га		0,20 0,20	5 5	0,8	1	5	0,85	0,937	2,815 4	0,8
	Итого по 1 группе показателей		$\Sigma = 1$				$\Sigma=19,232$ $\Sigma=17,65$			$\Sigma=4,722$ $\Sigma=18,126$	
2	II Надежность хозяйственных систем										
	1 Срок службы, годы		0,25 0,25	6,25 5,0	4,5	0,75	4,67 3,75	50	0,833	5,206 4,165	60
	2 Продолжительность и вероятность безотказной работы, баллы	25 20	0,25 0,25	6,25 5,0	4,3	0,86	5,375 4,3	4,2	0,84	5,334 4,2	5
	3 Вероятность и средневременная трудоспособность, баллы		0,25 0,25	6,25 4,0	4,5	0,9	5,625 4,5	4,3	0,86	5,375 4,3	5

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	18	19	20	21
1	1 Функциональные свойства оросительных систем							
	3 Коэффициент использования земли, $\eta_z$	20	0,15	3	0,939	0,96	3,8	0,98
	4 Средняя оросительная норма (брутто) $M_{ср}$ , м <sup>3</sup> /га	20	0,20	3	2700	0,84	2,73	3200
	5 Ордината укомплектованного графика, л/с га		0,20	4	0,9	0,75	2,95	0,8
	Итого по 1 группе показателей		0,20	4			2,95	
			0,20	5			3,85	
			0,20	5			3,75	
			$\Sigma = 1$				$\Sigma=18,25$	
							$\Sigma=16,1$	
2	II Надежность хозяйственных систем							
	1 Срок службы, годы		0,25	6,25	35	0,583	3,643	60
	2 Продолжительность и вероятность безотказной работы, баллы	25	0,25	6,25	4,7	0,94	2,915	5
	3 Вероятность и средневременная трудоспособность, баллы	20	0,25	5,0	3,7	0,74	4,7	5
		0,25	6,25			4,625		
		0,25	4,0			3,7		

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	21
2	II Надежность хозяйственных систем										
	4 Уровень затрат на техническое обслуживание и ремонт, % от начальной стоимости оросительной системы		0,25	6,25	4,5	0,9	5,625	4,2	0,84	5,25	5
	Итого по II группе пользователей		$\Sigma = 1$				$\Sigma=21,465$			$\Sigma=23,50$	
							$\Sigma=19,250$			$\Sigma=18,25$	
3	III Экологические показатели внутрихозяйственной оросительной системы										
	1 Удельные потери поливной воды на фильтрацию, испарение и утечки, м <sup>3</sup> /га		0,3	6,0	500	0,9	5,4	450	1	6	450
	2 Уровень отметки грунтовых вод от поверхности земли на внутрихозяйственной оросительной системе	20	0,2	4,0	2,5	1	4	20	0,8	3,2	25
	3 Процент смыва земель с поверхности почвы внутрихозяйственной оросительной системы, %		0,25	3,0	4,5	1	3,0	8,2	0,549	2,74	4,5
	4 Процент подтопленных земель от поверхности земли на оросительной системе, %		0,25	5,0	3,5	0,714	3,57	5,2	0,48	2,403	2,5
			$\Sigma = 1$				$\Sigma=17,974$			$\Sigma=14,34$	
	Итого по III группе пользователей						$\Sigma=19,971$			$\Sigma=14,34$	



Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	12	13	14	15	16	17	21
2	II Надежность хозяйственных систем										
	4 Уровень затрат на техническое обслуживание и ремонты, % от начальной стоимости оросительной системы		0,25 0,25	6,25 5,0	5	1	6,25 5,0	4,6	0,92	5,75 4,6	5
	Итого по II группе пользователей		$\Sigma = 1$				$\Sigma=21,92$ $\Sigma=17,55$	550		$\Sigma=21,66$ $\Sigma=17,27$	
3	III Экологические показатели внутрихозяйственной оросительной системы										
	1 Удельные потери поливной воды на фильтрацию, испарение и утечки, м <sup>3</sup> /га		0,3 0,25	6,0 5,0	600	0,75	4,5 4,5	700	0,643	3,857 3,857	450
	2 Уровень отметки грунтовых вод от поверхности земли на внутрихозяйственной оросительной системе	20 20	0,2 0,25	4,0 5,0	17	0,68	2,72 2,72	12	0,343	1,378 1,372	25
	3 Процент смыва земель с поверхности почвы внутрихозяйственной оросительной системы, %		0,25 0,25	3,0 5,0	12,6	0,357	1,786 1,786	6,5	0,692	3,461 3,481	4,5
	4 Процент подтопленных земель от поверхности земли на оросительной системе, %		0,25 0,25	5,0 4,0	4	0,625	3,125 3,125	3,7	0,675	3,378 3,378	2,5
	Итого по III группе пользователей		$\Sigma = 1$				$\Sigma=12,131$ $\Sigma=12,131$			$\Sigma=12,06$ $\Sigma=12,06$	

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	18	19	20	21
2	II Надежность хозяйственных систем							
	4 Уровень затрат на техническое обслуживание и ремонт, % от начальной стоимости оросительной системы		0,25 0,25	6,25 5,0	4,8	0,96	6,0 4,8	5
	Итого по II группе пользователей		$\Sigma = 1$				$\Sigma=20,85$ $\Sigma=16,115$	
3	III Экологические показатели внутрихозяйственной оросительной системы							
	1 Удельные потери поливной воды на фильтрацию, испарение и утечки, м <sup>3</sup> /га		0,3 0,25	6,0 5,0	550	0,82	4,91 4,91	450
	2 Уровень отметки грунтовых вод от поверхности земли на внутрихозяйственной оросительной системе	20 20	0,2 0,25	4,0 5,0	15	0,5	2,4 2,4	25
	3 Процент смыва земель с поверхности почвы внутрихозяйственной оросительной системы, %		0,25 0,25	3,0 5,0	10	0,428	2,14 2,14	4,5
	4 Процент подтопленных земель от поверхности земли на оросительной системе, %		0,25 0,25	5,0 4,0	2	1	5,3 5,6	2,5
	Итого по III группе пользователей		$\Sigma = 1$				$\Sigma=14,74$ $\Sigma=14,74$	

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	21
4	IV Энергоемкость, материалоемкость, трудоемкость										
	1 Энергоемкость – удельные потребления электроэнергии в кВт/ч на 1 га	20 20	0,25 0,25	5,0 5,0	650	1	6 6	1890	0,873	5,238 5,238	1650
	2 Расход труб на 1 га, м. пог.		0,25 0,25	5,0 5,0	650	1	4 4	17,8	0,865	3,460 3,460	15,4
	3 Металлоемкость, кг/га		0,25 0,25	5,0 5,0	15,4	0,549	0,31 0,31	18	0,466	1,865 1,866	8,4
	4 Трудоемкость, чел./га		0,25 0,25	5,0 5,0	15,3	1	6 6	6,5	0,833	5 5	3,5
	Итого по IV группе пользователей		$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	5		$\Sigma = 16,31$ $\Sigma = 16,31$			$\Sigma = 15,58$ $\Sigma = 15,56$	

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	12	13	14	15	16	17	21
4	IV Энергоемкость, материалоемкость, трудоемкость										
	1 Энергоемкость – удельные потребления электроэнергии в кВт/ч на 1 га	20 20	0,25 0,25	5,0 5,0	2400	0,687	4,125 4,125	220	0,75	4,5 4,5	1650
	2 Расход труб на 1 га, м. пог.		0,25 0,25	5,0 5,0	22,6	0,681	2,725 2,725	2,41	0,639	2,556 2,556	15,4
	3 Металлоемкость, кг/га		0,25 0,25	5,0 5,0	8,48	1	4 4	12,01	0,7	2,5 2,5	8,4
	4 Трудоемкость, чел./га		0,25 0,25	5,0 5,0	8	0,625	3,75 3,75	9,7	0,742	4,285 4,285	3,5
	Итого по IV группе пользователей		$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$			$\Sigma=14,6$ $\Sigma=14,6$	7		$\Sigma=11,61$ $\Sigma=11,61$	

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	18	19	20	21
4	IV Энергоемкость, материалоемкость, трудоемкость							
	1 Энергоемкость – удельные потребления электроэнергии в кВт/ч на 1 га	20 20	0,25 0,25	5,0 5,0	1980	0,833	5,0 5,0	1650
	2 Расход труб на 1 га, м. пог.		0,25 0,25	5,0 5,0	19,5	0,789	2,494 2,494	15,4
	3 Металлоемкость, кг/га		0,25 0,25	5,0 5,0	21	0,4	1,6 1,6	8,4
	4 Трудоемкость, чел./га		0,25 0,25	5,0 5,0	5,5	0,909	5,454 5,454	3,5
	Итого по IV группе пользователей		$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	5,5		$\Sigma=14,548$ $\Sigma=14,548$	

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	21
5	V Срок продолжительности строительства и освоения оросительной системы							2,5			1,5
	1 Срок продолжительности строительства, лет			3,0 4,0	3	1,5	1,3 2,0	2,5	0,6	1,8 2,4	1,5
	2 Срок освоения оросительной системы, лет	15 20		4,5 6,0	4	0,5	2,2 3,0	3,5	0,571	2,285 3,426	2
	3 Срок достижения проектной урожайности с/х культур, лет			5,0 5,0	5	0,5	2,7 3,0	4,5	0,666	2,997 3,996	3
	4 Критерий использования воды в хозяйстве, (КПД)			3,0 4,0	0,75	1	3,0 4,0	0,6	0,8	2,4 3,2	0,75
	Итого по V группе пользователей			$\Sigma = 1$			$\Sigma=9,25$ $\Sigma=12,6$			$\Sigma=9,485$ $\Sigma=13,01$	
Всего	1006 100%					$\Sigma=83,6$ $\Sigma=79,4$			$\Sigma=80,69$ $\Sigma=78,17$		

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	12	13	14	15	16	17	21
5	V Срок продолжительности строительства и освоения оросительной системы				2,2			2			1,5
	1 Срок продолжительности строительства, лет			3,0 4,0	2,7	0,555	1,666 2,22	2	0,75	2,25 3,0	1,5
	2 Срок освоения оросительной системы, лет	15 20		4,5 6,0	3	0,666	3,5 3,995	2,5	0,8	3,6 4,8	2
	3 Срок достижения проектной урожайности с/х культур, лет			5,0 5,0	4	0,75	3,375 4,5	3,5	0,857	3,85 5,142	3
	4 Критерий использования воды в хозяйстве, (КПД)			3,0 4,0	0,65	0,86	2,6 3,464	0,7	0,933	2,731 3,72	0,75
	Итого по V группе пользователей			$\Sigma = 1$			$\Sigma=10,536$ $\Sigma=13,18$			$\Sigma=12,498$ $\Sigma=16,733$	
Всего	1006 100%					$\Sigma=78,42$ $\Sigma=75,06$			$\Sigma=54,26$ $\Sigma=54,42$		

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	18	19	20	21
5	V Срок продолжительности строительства и освоения оросительной системы				1,5			1,5
	1 Срок продолжительности строительства, лет			3,0 4,0	1,5	1	3 4	1,5
	2 Срок освоения оросительной системы, лет	15 20		4,5 6,0	2	1	4,5 6,0	2
	3 Срок достижения проектной урожайности с/х культур, лет			5,0 5,0	3	1	4,5 6,0	3
	4 Критерий использования воды в хозяйстве, (КПД)			3,0 4,0	0,65	0,866	5,238 5,238	0,75
	Итого по V группе пользователей			$\Sigma = 1$			$\Sigma=14,81$ $\Sigma=20,4$	
	Всего	1006 100%					$\Sigma=82,4$ $\Sigma=81,6$	



Таблица 4

Наименование групповых и единичных показателей сравниваемых оросительных систем, единицы их измерений	Орошение i-х единичных показателей оросительных систем по сравнению с эталоном					Вес внутригрупповых коэффициентов и $b_i^4$	Все показатели групповых, $K_j^{гр}$
	1-я оросит. система	2-я оросит. система	3-я оросит. система	4-я оросит. система	5-я оросит. система		
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>III. Экономические</b>							
1. Удельные капитальные вложения в восстановление или реконструкцию k-й оросительной системы, гр/га	10500	9500	11300	8500	9000	0,25	30 баллов
2. Удельные годовые эксплуатационные затраты на 1 га, $Y_k^{ng}$ , гр/га	630	665	475	525	550	0,25	
3. Удельный ущерб на 1 га поливной площади, обусловленный потерями $S_k^{ia}$	365	300	560	630	500	0,25	
4. Удельный ущерб от ирригационной эрозии почв, $y_k^{ng}$ , гр/га	50	60	45	55	65	0,1	
5. Процент потерь урожая на засоленных и подтопленных землях, %	0,04	0,07	0,08	0,06	0,05	0,15	
<b>ВСЕГО по III группе:</b>	$\Sigma=1,00$						

Продолжение таблицы 4

Наименование групповых и единичных показателей сравниваемых оросительных систем, единицы их измерений	Количественная оценка уровня состояния оросительных систем с учетом основных параметров и значимости их как единичных, так и групповых коэффициентов, баллов				
	1-я оросит. система	2-я оросит. система	3-я оросит. система	4-я оросит. система	5-я оросит. система
1	9	10	11	12	13
<b>III. Экономические</b>					
1. Удельные капитальные вложения в восстановление или реконструкцию к-й оросительной системы, тыс.гр/га	6,07	6,710	5,64	7,500	7,083
2. Удельные годовые эксплуатационные затраты на 1 га, $Y_k^{ns}$ , гр/га	5,654	5,357	7,50	6,786	6,477
3. Удельный ущерб на 1 га поливной площади, обусловленный потерями $S_k^{ns}$	6,164	7,500	4,018	3,571	4,500
4. Удельный ущерб от ирригационной эрозии почв, $Y_k^{ne}$ , гр/га	2,700	2,250	3,000	2,455	2,077
5. Процент потерь урожая на засоленных и подтопленных землях, %	4,5	2,571	2,250	3,000	3,600
<b>ВСЕГО по III группе:</b>	25,088	24,388	22,408	23,312	23,737
<b>Итого баллов по каждой оросительной системе</b>	83,293	82,268	72,670	74,524	76,329
По величине технико-эколого-экономического обобщенного показателя, сравниваемые оросительные системы заняли следующие места	I место	II место	V место	IV место	III место

$$I_1 = \frac{630 + 0.15 * 10500 + (365 + 50)}{\Pi_1^{об} = 83,293} = \frac{2620}{83,293} = 31,455 \text{ гр/на } 1 \%; - (\text{II}$$

место)

$$I_2 = \frac{665 + 0.15 * 9500 + (300 + 60)}{\Pi_2^{об} = 82,268} = \frac{2450}{82,268} = 29,769 \text{ гр/на } 1 \%; - (\text{I}$$

место)

$$I_3 = \frac{475 + 0.15 * 11300 + (560 + 45)}{\Pi_3^{об} = 72,670} = \frac{2485}{72,670} = 38,170 \text{ гр/на } 1 \%; - (\text{V}$$

место)

$$I_4 = \frac{525 + 0.15 * 8500 + (630 + 55)}{\Pi_4^{об} = 74,5} = \frac{2485}{74,5} = 33,355 \text{ гр/на } 1 \%; - (\text{IV}$$

место)

$$I_5 = \frac{475 + 0.15 * 9000 + (500 + 65)}{\Pi_5^{об} = 76,3} = \frac{2465}{76,3} = 32,3 \text{ гр/на } 1 \%; - (\text{III место}).$$

Анализируя полученные результаты расчета с использованием интегрального показателя, видим, что первое место заняла 1-я оросительная система, второе место – 2-я оросительная система, третье место – 5-я оросительная система, четвертое место – 4-я оросительная система, пятое место – 3-я оросительная система (таблица 5).

Таблица 5

Сравнительная оценка технического уровня проектов реконструируемых оросительных систем с учетом использования коэффициентов весомости свойств, определенных экспертным методом и использованием второго закона Госсена [2,8]

№ оросит. системы Метод оценки коэфф. весом	I ор. с.	II ор. с.	III ор. с.	IV ор. с.	V ор. с.
1-й метод экспертный, %	83,6	80,64	72,48	64,50	82,4
Занимаемое место	1	3	4	5	2
2-й з-н Госсена, %	79,4	78,77	75,0	80,28	82,40
Занимаемое место	3	4	5	2	1

По минимуму удельных предельных затрат на 1 балл первое место заняла 2-я оросительная система, второе место – 1-я оросительная система, третье место – 5-я оросительная система, четвертое место – 4-я оросительная система и последнее пятое место заняла 3-я оросительная система.

Результаты комплексной количественной оценки технического уровня пяти реконструируемых оросительных систем показаны в таблице 3, которые были рассчитаны с использованием методов единичных и групповых показателей качества свойств двумя способами:

а) квалиметрическим методом с оценкой весомости показателей свойств проектов экспертным методом (числитель);

б) с использованием методов квалиметрии, при оценке технического уровня реконструируемых оросительных систем и определении коэффициента весомости свойств проектов был впервые использован второй закон Госсена (знаменатель).

Сравнивая абсолютные значения технического уровня 5-ти оросительных систем с учетом весомости рассчитаны по экспертному методу и по методу Госсена их разница не больше 1-5%.

$$\text{Так, для I места } \frac{\text{Экспертн.}}{\text{Госсен}} = \frac{83,6}{82,4}; \text{ II место } \frac{80,64}{78,77}; \text{ III место } \frac{78,48}{75,0};$$

$$\text{IV место } \frac{64,5}{80,28}; \text{ V место } \frac{82,4}{82,4}.$$

Как видно, из приведенных выше расчетов, разница в полученных показателях составляет приблизительно 2-5%.

Анализируя результаты расчетов оценки технического уровня сравниваемых 5-ти реконструируемых оросительных систем, у которых весомость коэффициентов качества свойств рассчитана двумя методами:

а) методом экспертных оценок;

б) методом, где для оценки весомости свойств использован второй закон Госсена, показала, что эти методы примерно равнозначны, хотя экспертный метод оценки технического уровня сравниваемых оросительных систем на 3-5 % более точный, но он и более трудоемкий, по сравнению с методом Госсена.

Считаем, что на предпроектной стадии разработки проектов мелиоративных систем, целесообразно использовать для оценки коэффициентов весомости свойств проектов 2-й закон Госсена, как менее трудоемкий, а на окончательной стадии технико-экономических расчетов необходимо использовать метод квалиметрической оценки с применением для оценки весомости различных свойств проектов использовать метод экспертной оценки коэффициентов весомости свойств проектов.

## ***Выводы***

1. Разработанная методика позволяет комплексно количественно оценивать технико-эколого-экономический уровень состояния действующих и реконструируемых межхозяйственных оросительных систем и обосновать рациональную очередность их реконструкции.

2. Предложен интегральный показатель, позволяющий количественно оценить совместно и комплексно технико-эколого-экономический уровень сравниваемых оросительных систем, а также экономическую эффективность систем, учитывающую удельные – годовые эксплуатационные затраты, удельные капитальные вложения на 1 га и удельные ущербы от потерь воды на фильтрацию и убытки от ирригационной эрозии почв.

3. Предложены расчетные формулы для определения различных видов экологических ущербов, наносимых мелиорацией окружающей среде, фермерским хозяйствам и государству. К их числу относятся следующие экологические ущербы:

- потери поливной воды из-за низкого к.п.д.;
- недоиспользование поливных земель из-за низкого к.з.и.;
- ущерб из-за засоления орошаемых земель;
- ущерб от водной ирригационной эрозии почв.

4. Использование данной методики для комплексной количественной оценки уровня качества проектов как действующих, так и реконструируемых внутрихозяйственных и межхозяйственных оросительных систем, а также отдельных групповых показателей (технических, эксплуатационных, экономических), и в целом всей оросительной системы с учетом экологических ущербов; позволяет также при сравнении нескольких различных оросительных систем, расположенных в бассейне реки выбрать из их числа лучшую, а также позволяет установить рациональную очередность их реконструкции.

Квалиметрический метод определения обобщенного показателя оценки уровня качества проектов мелиоративных систем дает возможность:

1. Оперативно и с достаточной точностью получать качественную оценку уровня качества проектов мелиоративных систем:

- сравнивать между собой аналогичные оросительные системы и определять их уровень относительно эталонных образцов проектов;
- анализировать состояние уровня качества проектов и намечать наиболее эффективные конкретные мероприятия для его повышения;
- изучать динамику уровня качества проектов как в процессе их проектирования, так в процессе строительства и эксплуатации.

2. При наличии использования обобщающего показателя качества ( $\Pi_j^{об}$ ) создает предпосылку для комплексной технико-экологической

оценки и повышения уровня качества мелиоративных проектов. Это дает возможность:

- провести аттестацию действующих оросительных систем;
- установить рациональную очередность реконструкции мелиоративных систем;
- планировать рациональный рост уровня качества мелиоративных систем.

Кроме того, обобщенный показатель проекта мелиоративной системы позволяет также:

- корректировать цены (сметную стоимость) той или иной мелиоративной системы в зависимости от уровня качества проектируемой системы.

3. Анализируя результаты расчетов, показанные в данной работе, по методике комплексной квалиметрической оценке уровня качества проектов пяти мелиоративных систем по интегральному показателю показали, что:

а) на предпроектных стадиях проектирования целесообразно применение второго закона Госсена, как наименее трудоемкого и достаточно точного;

б) для окончательной оценки уровня качества проектов оросительных систем следует использовать интегральный показатель уровня качества оросительной системы и все технико-эколого-экономические показатели и сравнительно просто выбрать лучший вариант из числа сравниваемых проектов.

4. Точность и надежность оценки уровня качества проектов мелиоративных систем в значительной степени зависят от выбора лучшего эталона (базы) при оценке каждого показателя проекта каждой мелиоративной системы.

5. При оценке уровня качества проектов мелиоративных систем необходимо учитывать экологический ущерб, наносимый окружающей среде и человеку проектируемой системой.

### **Summary**

**It was developed the technique allowing to quantify in complex the technical and environmental-economic level of the status of existing and reconstructed inter-farm irrigation systems and justify the rational order of their reconstruction.**

### *Литература*

1. Азгальдов. Квалиметрия в архитектурно-строительном проектировании. М, «Стройиздат», 273 с.

2. Методика применения экспертных методов для оценки качества продукции. М, Государственный комитет стандартов СССР, 1977, 55 с.
3. Белугин В. С. Комплексная система управления качеством проектных работ. Киев, «Будівельник», 1984, 60 с.
4. Сборник методических материалов по планированию и технико-экономической оценке качества промышленной продукции. М, Издательство Стандартов, 1973, 131 с.
5. Алымова А. Н. Производительные силы: проблемы развития и размещения. М, «Экономика», 1981, с. 235-242.
6. Дуляк В. Д. Научно-технический прогресс в орошении. Киев, Издательство «Урожай», 1988, 247 с.
7. Гарбер К. Д. Галицкий Ф. И. Техничко-экономические обоснования в дипломных проектах. Минск, Издательство «Высшая школа», 1985, 133 с.
8. Основы экономики. Реферат книги «Wirtschaftskunde», von Hein Scherner. Ижевск, 1993, с. 162-167.
9. Шавва К. И. Количественная оценка уровня качества проектов мелиоративных систем и труда проектировщиков. Кишинев, с.х.и., 1986, 24 с.
10. Шавва К. И. Количественная оценка технического уровня мелиоративных систем и обоснование рациональной очередности их реконструкции. Сб. Проблемы комплексной мелиорации земель Поволжья. Саратов, 1989, с. 23-25.
11. Фроликowa Н. А., Рокочинский А. И., Кожушко Л. Ф. Еколого-економічне оцінювання в управлінні меліоративними проектами. Рівне – НУВіП, 2007, 258 с.
12. Кулибабин А. Г. «Экологические основы мелиоративного проектирования». Учебник. Одесса, ОГЭУ, 2006, 107 с.
13. Карук Б. П. Методические указания по проведению семинарских занятий и деловые игры. «Особенности проектирования водохозяйственных объектов как природно-технических систем. Обеспечение экологической надежности». Киев, ВИПКРР, 1987, 67 с.
14. Гличев А. В., Рабинович Г.О. Примаков М. И., Сеницын М. М. Прикладные вопросы квалиметрии. Издательство стандартов, 1983, 136 с.
15. Тучков Е. Н., Колесникова Р. Т., Устинов М. И., Малкин А. С., Петренко Е. В. Оценка качества проектов и технического уровня шахт. «Недра», 1977, 141 с.
16. Горюнов А. Н. Оценка состояния оросительных систем. Ж. Гим №1, 1987, с. 29-34.
17. Маслов Б. С., Минаев М. В. Мелиорация и охрана природы. М, Россельхозиздат, 1985, 280 с.

18. Рокочинская И. А., Кожушко Л. Ф., Рокочинский А. М., Дупляк В. Д. Тимчасові рекомендації з економічного обґрунтування меліоративних проектів у зоні осушувальних меліорацій. Рівне -2004, 68 с.
19. Фроленкова Н. А., Кожушко А. М., Рокочинський А. М. Екологічно-економічне оцінювання в управлінні меліоративними проектами. Рівне-2007, 258 с.
20. Панибратов Ю. П., Барановская Н. И., Костюк М. Д. Экономические расчеты в курсовых и дипломных проектах. М. Вышшая школа, 1984, 175 с.
21. Справочная книга по орошаемому земледелию. Кишинев, Картя Молодовеняске, 1990, с. 292-305.
22. Шувалов В. Н. Качество и эффективность технологических машин. Ленинград, Издательство ЛГУ, 1977, 160 с.
23. Рейнин С. Н., Сердюкова О. А. Экономическая оценка качества проектов. М. «Стройиздат», 1980, 130 с.
24. Зубец В. М., Вакар Р. А. Эксплуатация закрытых осушительных систем. М, «Колос», 1989, 137 с.
25. Крапивенский З. Н., Кураченко Ю. П. Качество продукции. Рига, Издательство «Лиесма», 1967, с. 107-129.
26. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов в СССР. Статистический сборник. М, «Финансы и статистика», 1989, 171 с.