

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СУЩЕСТВУЮЩИХ  
МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ  
ВОДЫ ИЗ ИРРИГАЦИОННЫХ КАНАЛОВ И ЕЕ УТОЧНЕНИЕ  
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К РЫНОЧНЫМ УСЛОВИЯМ**

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

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

По данным ЦСУ в Украине в 1988 году площадь орошаемых земель составляла два миллиона пятьсот девять тысяч гектаров, годовой забор воды на орошение был 6,964 млн. м<sup>3</sup>/год, а фильтрационные потери воды только на транспортировку ее до точек выдела в хозяйства составили 1,355 млн/м<sup>3</sup> в год или 19 % от годового забора воды на орошение. Если принять тариф на поливную воду 1 гр/м<sup>3</sup>, тогда ущерб (убытки) от потерь воды только на ее транспортировку до точек выдела в фермерские хозяйства составляет 1 миллиард 355 миллионов гривен в год или на 1 гектар орошаемых земель 540 гр/га. Но это еще не все потери на фильтрацию в грунт; необходимо еще учитывать основные потери из каналов внутривозделных оросительных систем, которые в полтора-два раза выше по сравнению с потерями из межхозяйственных оросительных систем.

Решением проблемы определения фильтрационных потерь воды из ирригационных каналов занимались многие видные ученые, это академик А.Н.Костяков, академик Н.Н.Павловский, академик С.Ф.Аверьянов, д.т.н. Х.А.Ахметов, к.т.н. С.А.Гиришкан и другие, но окончательного решения этой проблемы пока не имеется. Какая из числа вышеназванных методик лучшая и более эффективная пока неизвестно.

Кроме того, фильтрационные потери воды из открытой сети оросительных систем вызывают подъем уровня грунтовых вод на оросительных системах, что приводит к засолению орошаемых земель, подтоплению и затоплению их, вызывая снижение и потери урожая с/х культур.

В рыночных условиях, когда поливная вода становится товаром, а не бесплатная, когда есть продавец воды – управление оросительных систем и покупатель в лице фермерских хозяйств возникает необходимость установления для каждой межхозяйственной оросительной системы научно обусловленных тарифов на поливную

воду, которые были бы взаимовыгодны как для УОС, так и для орошаемых фермерских хозяйств. Для решения этой задачи нами была разработана методика для определения тарифов на поливную воду, подаваемую УОС.

В данной работе намечено решение четырех основных задач:

а) как выбрать из числа четырех методик (академика А.Н.Костякова, академика Н.Н.Павловского, д.т.н. Х.А.Ахмедова (САННРИ) и к.т.н. С.А.Гиршкана) лучшую, более точную методику для определения фильтрационных потерь воды для каждого канала;

б) экономически обосновать прямой ущерб, наносимый как межхозяйственным, так и внутрихозяйственным системам от потерь воды на фильтрацию в грунт из каналов, гр/га;

в) определить удельный экологический ущерб, наносимый фермерским хозяйствам от засоления орошаемых земель, гр/га;

г) разработать методику для определения оптимальных тарифов на поливную воду, подаваемую УОС фермерским хозяйствам для полива с/х культур.

По данным Х.А.Ахмедова [5] примерные потери воды из ирригационных каналов на фильтрацию в грунт следующие:

- потери из магистральных каналов – 10 % от объема водозабора;
- потери в межхозяйственных распределителях – около 25 %;
- потери во внутрихозяйственной сети – около 65 %.

К мероприятиям, направленным на снижение и ликвидацию этих потерь, относятся следующие:

- оптимальное планирование водопользования и техническая дисциплина исполнения проектных режимов орошения с/х культур;
- правильный водооборот на внутрихозяйственных системах;
- сосредоточенная подача воды в хозяйствах;
- содержание каналов и сооружений в технически исправном состоянии;
- проведение своевременной очистки каналов от зарастания и заиления;
- оборудование систем необходимыми гидротехническими сооружениями;
- оборудование систем гидрометрическими приборами и установками для точного учета используемой воды;
- переход фермерских хозяйств на платное водоиспользование.

Потери воды в оросительных каналах подразделяются на относительные потери на 1 км длины канала ( $\sigma$ ) и абсолютные потери (S) по всей действующей длине канала, в м<sup>3</sup>/сек или л/сек.

На величину потерь влияют следующие факторы:

- величина расхода воды в канале ( $Q$ );
- степень водопроницаемости почвогрунтов, в которых проходит канал, которые учитываются при определении ( $\sigma$ ).
- глубина уровня грунтовых вод под каналом, ( $H$ , м);
- действующая длина данного канала ( $l$ ), км;
- глубина наполнения воды в канале ( $h$ ) и средняя скорость течения ( $v$ ) воды в нем;
- «возраст» канала – во вновь построенном канале потери воды больше, а с увеличением возраста канала его грунт уплотняется и коэффициент фильтрации становится меньше.

Коэффициентом полезного действия называется отношение конечного расхода  $Q_k$  или  $Q_{\text{нетто}}$  к головному расходу канала  $Q_{\text{гол}}$  или  $Q_{\text{брутто}}$ . КПД принято обозначать буквой  $\eta$ , который равен:

$$\eta = \frac{Q_{\text{нетто}}}{Q_{\text{брутто}}}. \quad (1)$$

На время определения потерь в канале лучше всего прекратить водозабор и сброс из данного канала, тогда относительные потери определяются по формуле [3]:

$$\sigma = \frac{100 \cdot S}{Q_{\text{брутто}} \cdot l}, \quad (2)$$

где  $S$  – потери, м<sup>3</sup>/сек или л/сек;  $S=Q_{\text{бр}}-Q_{\text{нт}}$ ;  $Q_{\text{бр}}$ - головной расход канала, м<sup>3</sup>/сек или л/сек;  $l$ - длина канала, которая была под водой, км.

При проектировании мелиоративный каналов наиболее часто используют формулы двух авторов–академика А. Н. Костякова [1] и формулу САНИИРИ [3], а также и других авторов.

Потери воды на фильтрацию из ирригационных каналов по методике академика А.Н.Костякова рассчитываются по следующим формулам:

а) для каналов, проходящих в грунтах повышенной водопроницаемости  $\sigma_1$  рассчитывают по формуле:

$$\sigma_1 = \frac{3,4}{Q^{0,5}}, \text{ в \% на 1 км}, \quad (3)$$

где  $Q_1$  – коэффициент фильтрации воды в грунт, м/сут;

б) для каналов, проходящих в грунтах со средней водопроницаемостью  $\sigma_2$  рассчитывают по формуле:

$$\sigma_2 = \frac{1,9}{Q^{0,4}}, \text{ в \% на 1 км}, \quad (4)$$

в) для каналов, проходящих в грунтах со слабой водопроницаемостью  $\sigma_3$  рассчитывают по формуле:

$$\sigma_3 = \frac{3,4}{Q^{0,3}}, \text{ в \% на 1 км канала.} \quad (5)$$

По формуле С. А. Гиришкана рекомендуется определять относительные потери ( $\sigma$ ) по формуле:

$$\sigma = \frac{6,3}{Q^{0,5}} \cdot K_\phi, \text{ \% на 1 км,} \quad (6)$$

где для  $K_\phi$  - коэффициент фильтрации воды в грунт, м<sup>3</sup>/сут.

Величины ( $K_\phi$ ) рекомендуется принимать следующие:

а) для очень слабопроницаемых грунтов  $K_\phi = 0,01$  м/сутки;

б) для грунтов слабопроницаемых  $K_\phi = 0,02 - 0,05$  м/сутки (тяжелые суглинки);

в) для грунтов средней проницаемости (средние суглинки)  $K_\phi = 0,06-0,1$  м/сутки;

г) для грунтов повышенной проницаемости  $K_\phi = 0,5-0,9$  м/сутки (легкие суглинки, супеси);

д) для грунтов с сильной водопроницаемостью  $K_\phi = 1$  м/сутки и более (пески гравелистые).

По рекомендациям академика Н. Н. Павловского относительные потери канала на фильтрацию определяются по формуле [5]:

$$\sigma = \frac{1,16(B + 2h) \cdot K_\phi}{Q_{\text{нетто}}} \text{ \% на 1 км канала [5],} \quad (7)$$

где  $B$  – ширина канала по верху, м, которая определяется по формуле:

$$B = b + 2mh, \text{ м,}$$

где  $b$  – ширина канала по дну, м;  $m$  – коэффициент заложения откосов канала;  $K_\phi$  – коэффициент фильтрации воды в  $i$ -й грунт, м/сут;  $h$  – глубина воды в канале, м.

Расчет величины оросительных потерь ( $\sigma$ ) из каналов академик Н. Н. Павловский рекомендует выполнять по формуле [3, 5]:

$$\sigma = \frac{1,16(B + 2h) \cdot K_{\phi i}}{Q_{\text{нетто}}}, \text{ \% на 1 км канала [5],} \quad (8)$$

где  $B$  – ширина канала по верху, м;  $h$  – глубина воды в канале, м;  $K_{\phi i}$  – коэффициент фильтрации для  $i$ -го вида грунта, м/сут.

Рассчитаем по вышеприведенным формулам 4-х авторов относительные потери воды ( $\sigma$ ) в % на 1 км канала, а также другие параметры канала в начале для среднепроницаемых грунтов, а затем для слабопроницаемых и высокопроницаемых грунтов.

**Пример.** Для канала, проходящего в средневодопроницаемых грунтах, имеющего расход нетто  $Q_{нт}=4 \text{ м}^3/\text{сек}$ ; и действующую длину канала  $l=10 \text{ км}$  необходимо определить по методикам 4-х авторов следующие параметры:

1. Относительные потери канала ( $\sigma$ ), % на 1 км канала;
2. Абсолютные потери канала ( $S$ ),  $\text{м}^3/\text{сек}$ ;
3. Головной расход канала брутто ( $Q_{бр}$ ),  $\text{м}^3/\text{сек}$ ;
4. Коэффициент полезного действия канала ( $\eta$ ).

I. Расчет относительных потерь канала и других параметров определяем по методике САНИИРИ [3]:

Решения:

$$1. \quad \sigma = \frac{2,3}{\sqrt{4}} = 1,15 \text{ \% на 1 км канала};$$

$$2. \quad S = \frac{Q_{н} \cdot \sigma \cdot l}{100} = \frac{4 \cdot 1,15 \cdot 10}{100} = 0,46 \text{ м}^3/\text{сек};$$

$$3. \quad Q_{бр} = Q_{нт} + S = 4 + 0,46 = 4,46 \text{ м}^3/\text{сек};$$

$$4. \quad \eta = \frac{Q_{д}}{Q_{бд}} = \frac{4}{4,46} = 0,895.$$

II. Проведем расчет относительных потерь воды из того же канала по методике академика А.Н.Костякова в среднепроницаемых грунтах:

$$\sigma = \frac{1,9}{Q^{0,4}} = \frac{1,9}{4^{0,4}} = \frac{1,9}{0,047} = 1,74$$

$$S = \frac{Q_{н} \cdot \sigma \cdot l}{100} = \frac{4 \cdot 1,74 \cdot 10}{100} = 0,38 \text{ м}^3/\text{сек}$$

$$S = Q_{н} + S = 4 + 0,38 = 4,38 \text{ м}^3/\text{сек}$$

$$\eta = \frac{4}{4,38} = 0,91$$

III. Определяем относительные потери канала и другие его параметры по методике академика Н.Н.Павловского по формуле:

$$\sigma = \frac{1,16 \cdot (B + 2h) \cdot K_{\phi}}{Q_{нт}} = \frac{1,16 \cdot (3 + 2 \cdot 2,1) \cdot 0,4}{4} = 4,75, \text{ где}$$

$B$  – ширина канала, которая определяется по формуле:

$$B = b + 2mh = 1 + 2 \cdot 1 \cdot 1 = 3\text{м};$$

$K_{\phi}$  – коэффициент фильтрации грунта,  $K_{\phi} = 0,4 \text{ м/сут}$ .

$$S = \frac{Q_n \cdot \sigma \cdot 10}{100} = \frac{4 \cdot 1,75 \cdot 10}{100} = 0,7 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_\phi = Q_n + S = 4 + 0,7 = 4,7 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\eta = \frac{4}{4,7} = 0,85.$$

IV. Рассчитаем относительные потери и другие параметры канала для среднепроницаемых грунтов по методике С.И.Гиршкана по формулам:

$$\sigma = \frac{6,3}{Q_{нт}^{0,5}} \cdot K_\phi = \frac{6,3}{4^{0,5}} \cdot 0,4 = 1,26 \text{ м}^3/\text{сек}$$

$$S = \frac{Q_n + \sigma \cdot l}{100} = \frac{4 + 1,26 \cdot 10}{100} = 0,546 \text{ м}^3/\text{сек}$$

$$Q_\phi = Q_n + S = 4,54 \text{ м}^3/\text{сек}$$

$$\eta = \frac{4}{4,54} = 0,89.$$

Полученные расчетные показатели для мелиоративного канала с расходом  $Q_n=4 \text{ м}^3/\text{сек}$ , проходящего в средневодопроницаемых грунтах, рассчитанные по четырем методикам, приведены в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Автор или научная организация, рекомендующая методику	Расчетные показатели параметров оценки фильтрационных потерь из канала				
		$\sigma$ , %	$S$ , $\text{м}^3/\text{сек}$	$Q_{бр}$ , $\text{м}^3/\text{сек}$	$\eta$	Занимаемая оценка
I	САНИИРИ – Х.А. Ахметов	1,15	0,46	4,38	0,895	2
II	Костяков А. Н.	1,741	0,68	4,38	0,94	1
III	Н.Н. Павловский	4,75	0,7	4,7	0,85	4
IV	С.А. Гиршкан	1,26	0,54	4,546	0,89	3

Анализ полученных результатов таблицы 1 для канала, проходящего в средневодопроницаемых грунтах с расходом  $Q_n=4 \text{ м}^3/\text{сек}$  были рассчитаны по 4-м методикам различных авторов, показал, что наиболее высокий КПД ( $\eta=0,91$ ) получила методика А.Н.Костякова, занявшая 1-е место; второе место заняла методика САНИИРИ ( $\eta=0,895$ ), третье место заняла методика С.А.Гиршкана ( $\eta=0,89$ ) и последнее четвертое место заняла методика Н.Н.Павловского ( $\eta=0,85$ ).

Аналогичные расчеты фильтрационных потерь из канала ( $Q_n=4$  м<sup>3</sup>/сек) были проведены также и для высокопроницаемых и слабопроницаемых грунтов, результаты которых показаны в таблице 2.

Для ирригационного канала, имеющего расход нетто  $Q_n=4$  м<sup>3</sup>/сек, проходящего в высокопроницаемых, среднепроницаемых и слабопроницаемых грунтах определены оптимальные значения КПД канала, которые рассчитаны по методикам вышеназванных авторов.

Из анализа результатов таблицы 2 для высокопроницаемых и слабопроницаемых и среднепроницаемых грунтов высокие показатели КПД получены:

- для высокопроницаемых грунтов по методу академика А. Н. Костякова ( $\eta=0,854$ ), занявшей 1-е место, и по методике САНИИРИ, занявшей 2-е место ( $\eta=0,85$ );

- для слабопроницаемых грунтов высокие показатели КПД получены при использовании следующих методик: первое место заняла методика А.Н.Павловского ( $\eta=0,99$ ); второе место заняла методика С.А.Гиршкана ( $\eta=0,984$ );

- для среднепроницаемых грунтов первое место заняла методика А.Н.Павловского ( $\eta=0,98$ ); второе место заняла методика С.А.Гиршкана ( $\eta=0,95$ ).

По методике В. Д. Дупляка [14] были определены эталонные граничные значения КПД каналов, которые приведены в таблице (3), для оценки показателей технического состояния оросительных каналов. Сравнивая полученные нами КПД по четырем методикам с граничными показателями КПД каналов был определен уровень технического состояния каналов с оценкой «хорошо» при величине КПД больше или равно 0,97, с оценкой «удовлетворительно» – при величине КПД 0,97-0,82, а для оценки «неудовлетворительно» - величину КПД меньше или равную 0,81. В этом случае на этом участке канала необходимо использование противофильтрационных облицовок.

Переходим к экологической оценке ущерба, наносимого фермерским хозяйствам в результате подъема грунтовых вод от фильтрационных потерь, которые вызывают засоление орошаемых земель и резкое снижение урожайности всех с/х культур, который необходимо учитывать как при проектировании, так и при эксплуатации внутрихозяйственных оросительных систем.

По данным МолдНИИТиА при содержании токсичных солей в почве 0,1 % снижения урожайности всех с/х культур в севообороте не происходит, а при большем содержании солей в почве - происходит.

Для этого нами были использованы опытные данные молдавского института МолдНИИТиА, которые приведены в таблицах 4 и 5.



Оптимальные значения КПД канала, рассчитанные для ирригационного канала , имеющего расход нетто

$Q_n=4 \text{ м}^3/\text{сек}$ , проходящего в высокопроницаемых, среднепроницаемых и слабопроницаемых грунтах

Таблица 2

№ п/п	Автор методики учета потерь воды на фильтрацию из каналов, СР и О или научная организация	Для высокопроницаемых грунтов (пески)				
		Относит. потери $\sigma$ , %	Абсолют. потери $S$ , $\text{м}^3/\text{сек}$	Голов. раход канала, $Q_{бр}$ , $\text{м}^3/\text{сек}$	КПД канала $\eta$	Заним.место по $\eta$
1	2	3	4	5	6	7
I	САНИИРИ –Х. А. Ахметов	1,754	0,7	4,7	0,85	2
II	Костяков А. Н.	1,7	0,68	4,68	0,854	1
III	Н.Н. Павловский	2,03	0,812	4,812	0,831	3
IV	С. А. Гиршкан	3,15	1,26	5,26	0,76	4

Продолжение таблицы 2

№ п/п	Для среднепроницаемых грунтов (чернозем)					Для слабопроницаемых грунтов (глина)				
	Относит. потери $\sigma$ , %	Абсолют. потери $S$ , м <sup>3</sup> /сек	Голов. раход канала, $Q_{бр}$ , м <sup>3</sup> /сек	КПД канала $\eta$	Заним. место по $\eta$	Относит. потери $\sigma$ , %	Абсолют. потери, $S$ , м <sup>3</sup> /сек	Голов. раход канала, $Q_{бр}$ , м <sup>3</sup> /сек	КПД канала $\eta$	Заним. место по $\eta$
I	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
I	1,15	0,46	4,46	0,9	4	0,65	0,26	4,26	0,93	3
II	1,091	0,436	4,436	0,901	3	0,462	0,606	4,606	0,868	4
III	0,58	0,093	4,093	0,98	1	0,102	0,041	4,041	0,99	1
IV	1,26	0,202		0,95	2	0,157	0,063	4,063	0,984	2

При повышении в почве содержания солей до 1,2 % урожайность с/х культур снижается на 70 и более процентов [17].

Граничные значения относительных показателей состояния ирригационных каналов

Ирригационные каналы	Техническое состояние		
	«хорошее»	«удовлетворительное»	«неудовлетворительное»
1. Каналы, открытые в земляном русле -крепленные; - лотки	>0,97	0,97-0,82	<0,81
	>0,97	0,97-0,88	<0,87
	>0,98	0,98-0,89	<0,89
2. Трубопроводы	>0,98	0,98-0,93	<0,92
3. Коллекторно-дренажная сеть - открытая - закрытая	>0,96	0,96-0,76	<0,92
	>0,98	0,98-0,88	<0,87

В таблице 4 показано снижение урожайности для 12 видов сельскохозяйственных культур в зависимости от уровня засоления почв в % от массы сухой почвы.

Учеными МолдНИИТиА [15] на основании проведенных исследований было установлено, что с/х растения неодинаково реагируют на засоление почвы. Была установлена тесная взаимосвязь между урожаем сельскохозяйственных культур и содержанием солей в почве, что позволило им вывести расчетные линейные уравнения для ориентировочного определения величины потерь урожая от различного уровня засоления почв, которые приведены в таблице 5.

Используя данные из таблиц 4 и 5 для той или иной сельскохозяйственной культуры соответствующее линейное уравнение и зная уровень засоления почвы можно рассчитать величину урожая, получаемого на засоленной почве в процентах по сравнению с урожаем, получаемым на незасоленной почве определить потерю урожая от засоления почвы.

Таблица 4

Урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от уровня засоления почв, %

№ п/п	Сельскохозяйственные культуры	Урожай при содержании солей в % от массы сухой почвы				
		0,1 контроль	0,3	0,6	0,9	1,2
1	Озимая пшеница	100	80	39	15	0
2	Кукуруза на зерно	100	95	46	0	0
3	Кукуруза на силос и зеленую массу	100	98	72	57	35
4	Люцерна	100	96	73	53	39
5	Подсолнечник	100	105	84	53	45
6	Картофель	100	110	68	0	0
7	Томат рассадный	100	98	74	64	34
8	Томат безрассадный	100	83	58	34	0
9	Горох овощной	100	66	27	0	0
10	Перец сладкий	100	71	43	30	0
11	Баклажаны	100	102	74	48	32
12	Свекла столовая	100	95	88	73	66

Таблица 5

№ п/п	Сельскохозяйственные культуры	Уравнение регрессии
1	Озимая пшеница	$Y=103-99*X$
2	Кукуруза на зерно	$Y=112-116*X$
3	Кукуруза на силос и зеленую массу	$Y=104-52*X$
4	Люцерна	$Y=105-55*X$
5	Подсолнечник	$Y=111-54*X$
6	Картофель	$Y=121-114*X$
7	Томат рассадный	$Y=107-59*X$
8	Томат безрассадный	$Y=102-75*X$
9	Горох овощной	$Y=101-121*X$
10	Перец сладкий	$Y=95-72*X$
11	Баклажаны	$Y=100-63*X$
12	Свекла столовая	$Y=103-31*X$

Примечание.  $Y$  – урожай  $i$ -й сельскохозяйственной культуры в % от получаемого на незасоленной почве;  $X$  – содержание солей, % от массы сухой почвы.

Определив величину недобора урожая, обусловленную засолением орошаемых почв и цену 1 ц с/х продукции, несложно определить на 1 га экологический ущерб от засоления почв.

**Пример 2.** При содержании солей в активном слое почвы 0,45 % урожай озимой пшеницы на засоленной почве будет равен:  $Y_{оз}=103-99*0,45=58$  % от получаемого урожая на незасоленных почвах, допустим, равного 50 ц/га. В этом случае мы можем рассчитывать на получение урожая на засоленной почве 29 ц/га.

Удельный ущерб от потерь урожая озимой пшеницы из-за засоления почвы на 1 га составит:

$$Z_{оз}^{уд} = (Y_{р.нз} - Y_{р.зас}) \cdot C_{оз} = (50 - 29) \cdot 250 = 5250 \text{ гр/га}, \quad (9)$$

где  $Z_{оз}^{уд}$  - удельный ущерб на 1 га засоленных земель от недобора урожая озимой пшеницы, гр/га;

$Y_{р.нз}, Y_{р.зас}$  - соответственно урожайность озимой пшеницы на незасоленной почве и засоленной почве, ц/га;

$C_{оз}$  - средняя реализационная цена озимой пшеницы, гр/ц.

Определив площадь засоленных земель в каждом фермерском хозяйстве и средневзвешенную величину экологического ущерба для севооборота, приходящегося на 1 га, легко установить общую величину ежегодного экологического ущерба в каждом фермерском хозяйстве.

При определении ущерба от фильтрационных потерь из каналов необходимо знать тариф на поливную воду ( $\Pi$  гр/м<sup>3</sup>), который для каждой межхозяйственной оросительной сети необходимо определить.

В настоящее время в области водного хозяйства отсутствует единый методологический подход к обоснованию различных видов тарифов на поливную и промывную воду. Это затрудняет переход к рыночным отношениям между водным хозяйством и орошаемым земледелием, а также объективно и взаимовыгодно научно обосновывать различные виды тарифов, как то:

- тарифы на воду как природный ресурс;
- тарифы за услуги управлений оросительных систем (УОС) и в подаче поливной воды фермерским хозяйствам для орошения сельхозугодий;
- определению штрафных тарифов за сверхлимитный забор воды на орошение сельхозкультур;

Экономическая оценка ущербов, наносимых водным объектам от их загрязнения и т.д.

Одной из актуальнейших научно-прикладных задач орошаемого земледелия является определение для каждой эксплуатируемой или вновь проектируемой оросительной системы оптимальной величины тарифа на подачу поливной воды сельскохозяйственным водопользователям, которая была бы взаимовыгодна как управлениям оросительных систем (УОС), так и обслуживаемым ими фермерскими хозяйствами.

В условиях рыночных отношений между УОСами и сельскохозяйственными водопотребителями при планировании своей деятельности исходят из того, чтобы не только возместить затраты на производство, сбыт продукции, но и получить определенную сумму прибыли. Которая выступает как реализованная прибавочная стоимость.

Величина нормативной прибыли ( $P^H$  в % от себестоимости) исчисляется как для управлений оросительными системами, так и для сельскохозяйственных водопотребителей, использующих воду для полива сельхозкультур. Она принимается одинаковой, т.е.  $P_{УОС}^H = \bar{P}_{cx}^H$  и согласно рекомендации [4], для южных областей Украины величина нормативной средневзвешенной прибыли  $P^H$  для сельхозпредприятий составляет в пределах  $\bar{P}_{cx}^H =$  от 15% до 35% от себестоимости их годовых эксплуатационных затрат.

Поэтому плановую прибыль  $\bar{P}_{cx}^H$ , обеспечивающую плановую рентабельность работы УОСов и сельхозпредприятий принимаем в пределах от 15 до 35 % к их годовым издержкам.

Одноставочный тариф на 1 м<sup>3</sup> подаваемой на орошение воды фермерским хозяйствам для оросительной системы определяется по формуле [10]:

$$T_j = \frac{[C^{c.a.} \cdot \Sigma W_j^{\bar{op}} + \bar{Z}_{3II} \bar{N}_j \cdot 12 + \Sigma Z_j^{эл.эн} + K_j^{yo} F_j^{HT} (\alpha_k + \alpha_p + \alpha_{T.p.}) + \Sigma Z_j^{кp} + \Sigma Z_j^{нач}] \cdot (1 + \frac{P_{ек.}}{100})}{\Sigma W_{jT.B}} \quad (10)$$

где  $C^{C.B.}$  – государственный тариф за забор воды из поверхностных или подземных водоисточников - так называемый "налог за спецпользование", используемый государством для финансирования изучения, учёта, регулирования и охраны водных ресурсов тех или иных рек, грн/м<sup>3</sup>, который для р. Днепр составляет 3,5 коп/м<sup>3</sup>;

$\Sigma W_j^{\bar{op}}$  – суммарный годовой объём забора воды (брутто) j-й оросительной системы, м<sup>3</sup>/год;

$\bar{Z}_{3II}$  – среднемесячная удельная заработная плата работников j-й оросительной системы с начислениями, грн/ в месяц;

$\bar{N}_j$  – среднегодовое число работников j-й оросительной системы, чел.;

$\Sigma Z_j^{эл.эн}$  – суммарные годовые затраты j-й оросительной системы на оплату потребленной электроэнергии, грн/год;

$K_j^{yo}$  – удельные капитальные вложения в строительство или реконструкцию j-й оросительной системы, грн/га;

$F_j^{HT}$  – орошаемая площадь (нетто) j-й оросительной системы, га;  
 $\alpha_k, \alpha_p, \alpha_{T.P.}$  – соответственно, нормы отчислений системы, на капитальный ремонт, реновацию и текущий ремонт, в долях единицы;

$\sum Z_j^{kp}$  – годовые суммарные затраты j-й оросительной системы за пользование банковским кредитом (если его берут), грн/год;

$\sum Z_j^{нал}$  – годовые суммарные затраты j-й оросительной системы на оплату налогов, грн/год;

$\overline{R}_{сх}^n$  – средневзвешенная норма прибыли межхозяйственной оросительной системы и для обслуживаемых фермерских хозяйств, исчисляется в % от себестоимости с/х продукции, значение которой ориентировочно можно принять равной от 15-35%;

$\sum W_{jм.в.}$  – годовой объем водоподачи j-й оросительной системы в точки выдела, обслуживаемых ею хозяйств, м<sup>3</sup>/год.

Расчёт отдельных показателей, входящих в формулу (1) приведены ниже.

Годовой объем забора воды j-й оросительной системой из реки (брутто)  $\sum W_j^{бp}$  определяется по формуле (11):

$$\sum W_j^{бp} = \frac{F_j^{nm} \cdot \overline{M}_j^{nm} \cdot \beta}{\eta_j}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (11)$$

где  $F_j^{nm}$  – орошаемая площадь (нетто) j-й оросительной системы, га;

$\overline{M}_j^{nm}$  – средневзвешенная оросительная норма (нетто) j-й оросительной системы, м<sup>3</sup>/га;

$\beta$  – коэффициент, учитывающий потери воды на испарение при дождевании, величина которого для юга Украины принимается равной  $\beta = 1,1 - 1,2$ ;

$\eta_j$  – коэффициент полезного действия j-й оросительной системы, который равен  $\eta_j = 0,8 - 0,9$ .

Годовой объём затрат на оплату заработной платы  $\sum Z_j^{з.пл}$  работников j-й оросительной системы с начислениями рассматривается по формуле (10):

$$\sum Z_j^{з.пл} = \overline{Z}_{пл} \cdot \overline{N}_j \cdot 12 \text{ грн/год} \quad (12)$$

Удельный тариф (гр/м<sup>3</sup>) на фильтрационные потери воды рассчитывается по формуле ( ) при рентабельности ( $P_p$ ) от 15% до 35% от себестоимости продукции, который рассчитывается индивидуально для каждой межхозяйственной оросительной системы, величина которого в среднем принимается  $T_{тар} = 1 \text{ гр/м}^3$  потерянной воды.



где  $\bar{Z}_{пл}$  – удельная среднемесячная зарплата одного работника j-й оросительной системы, грн./мес.;

$\bar{N}_j$  – численность рабочих, обслуживающих j-ю оросительную систему, чел;

12 – число месяцев в году.

Годовые суммарные затраты на оплату потребляемой электроэнергии для механического подъема воды  $\sum Z_j^{эл.эн.}$  рассчитывается по формуле (13):

$$\sum Z_j^{эл.эн.} = 0,004 \cdot \bar{M}_j^{\bar{б}р} \cdot \bar{H}_j \cdot \bar{F}_j^{нм} \cdot Ц^{эл.эн.}, \text{ грн/год}, \quad (13)$$

где 0,004 – количество электроэнергии, необходимое для подъема 1 м<sup>3</sup> воды на высоту 1 м, кВт ч/м<sup>3</sup>;

$\bar{M}_j^{\bar{б}р}$  – средняя оросительная норма (брутто) j-й оросительной системы, определяется по формуле (14):

$$\bar{M}_j^{\bar{б}р} = \frac{F_1^{нм} \cdot \bar{M}_1^{\bar{б}р} + F_2^{нм} \cdot \bar{M}_2^{\bar{б}р} + \dots + F_n^{нм} \cdot \bar{M}_n^{\bar{б}р}}{F_j^{нм}}, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (14)$$

где  $F_1^{нм}$ ,  $F_2^{нм}$ ,  $F_n^{нм}$  – соответственно, площади орошаемых земель в 1, 2 и n фермерском хозяйствах, обслуживаемых j-й оросительной системой, га;

$\bar{M}_1^{\bar{б}р}$ ,  $\bar{M}_2^{\bar{б}р}$ ,  $\bar{M}_n^{\bar{б}р}$  – соответственно, оросительные нормы (брутто) в 1, 2 и n хозяйствах, м<sup>3</sup>/га;

$F_j^{нм}$  – площадь орошаемых земель (нетто) в j-й оросительной системе, га;

$\bar{H}_j$  – высота подъема воды головной насосной станции j-й оросительной системы, м;

$\bar{F}_j^{нм}$  – орошаемая площадь (нетто) j-й оросительной системы, га;

$Ц^{эл.эн.}$  – тариф на потребляемую электроэнергию, в грн/кВт·ч.

Суммарные годовые затраты j-й оросительной системы  $Z_j^{ам}$ , используемые на капитальный ремонт, реновацию и текущий ремонт системы рассчитываются по формуле (15):

$$\sum Z_j^{ам} = K_j^{y0} \cdot F_j^{нм} (\alpha_k + \alpha_p + \alpha_{Т.Р.}), \text{ грн/год}, \quad (15)$$

где  $K_j^{y0}$  – удельные капитальные вложения в строительство новой оросительной системы, или реконструкцию системы, или капвложения действующей j-й оросительной системы, рассчитанные по восстановительной стоимости, грн/га;

$\alpha_k, \alpha_p, \alpha_{m.p.}$  – соответственно, норма отчислений на капитальный ремонт, реновацию и текущий ремонт, в долях единицы.

Расчетный тариф на подачу воды для орошения сельскохозяйственных культур ориентировочно составляет от 1гр/м<sup>3</sup> до 2 гр/м<sup>3</sup>.

### **Выводы**

1. Для определения фильтрационных потерь из ирригационных каналов, проходящих в различных по водопроницаемости грунтах, учеными разработано несколько методик, в основе которых принят показатель относительных потерь воды,  $\sigma$ , % на 1 км канала.

2. Более точным по объективным показателям для определения фильтрационных потерь из канала является коэффициент полезного действия  $i$ -го канала ( $\eta_i$ ), величину которого предлагается определять с учетом относительных потерь ( $\sigma_i$ ), абсолютных потерь канала ( $S$ ), величины головного расхода канала ( $Q_{\text{брутто}}$ , м<sup>3</sup>/сек).

3. Выбор более точной методики определения фильтрационных потерь воды из канала, из числа четырех сравниваемых, определяется по наибольшей величине КПД канала и его отдельных участков. На величину потерь воды из оросительной сети большое влияние оказывает степень водопроницаемости почвогрунтов, в которых проходит канал ( $\sigma$ ), которую необходимо для участка более точно устанавливать.

4. В рыночных условиях, когда вода подается УОС фермерским хозяйствам, очень важной задачей является разработка научно обоснованной, взаимовыгодной как для УОС, так и для фермерских хозяйств, методики установления цен (тарифов) на поливную воду. Предлагаемая методика дает возможность для каждой межхозяйственной системы определять оптимальный тариф на подачу поливной воды фермерам.

5. В работе предложена методика для определения экологических ущербов, наносимых фермерским хозяйствам засолением орошаемых земель из-за поднятия уровня грунтовых вод, вызванных фильтрационными потерями воды. При засолении орошаемых земель потери урожая всех сельскохозяйственных культур составляют от 20 % до 60 % и более, которые необходимо учитывать при проектировании, конструировании и эксплуатации внутрихозяйственных оросительных систем.

## Summary

**The paper proposed a method for determining for farmers the environmental damage had been caused by salinization of irrigated lands due to the rise of the water table caused by filtration onnymi water losses.**

## *Литература*

1. Костяков А. Н. Основы мелиораций. М. Сельхозиздат, 1960, 500 с.
2. Проектування протифільтраційних облицювань і кріплень каналів зрошувальних систем. Посібник до ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи та споруди». Київ, 2006, 79 с.
3. Ахмедов Х. А. Основные вопросы орошения и улучшения водопользования. Ташкент, Издательство «Узбекистан», 1973, 302 с.
4. Угинчус А. А. Гидравлические технико-экономические расчеты каналов. М., Стройиздат, 1965, 274 с.
5. Ахмедов Х. А., Подгорнов Г., Рачинский А., Синяхан А., Хорст Г. Сельскохозяйственные мелиорации. Ташкент, Государственное издательство УССР, 1959, 319 с.
6. Шавва К. И. Определение уровня нуждаемости земель в мелиоративных мероприятиях и установление рациональной очередности их освоения. Сб. «Орошение и урожай». Челябинск, Южно-Уральское издательство, 1976, с. 210-219.
7. Кулибабин А. Г. Экологические основы мелиоративного проектирования. Учебник. Одесса, ОГАСА, 2006, 107 с.
8. Карук Б. П. Особенности проектирования водохозяйственных объектов как природно-технических систем и обеспечение экологической надежности. Киев, ВИПКРР, 1987, 66 с.
9. Шавва К. И. Методика количественной оценки экологического состояния реконструируемых мелиоративных систем. Сб. «Экологические аспекты мелиорации земель». Кишинев, СХИ, 1991. - с. 19-23.
10. Шавва К. И. Методика определения тарифов на воду, подаваемую для орошения сельскохозяйственных культур из поверхностных водоисточников. Сб. «Вісник Одеської Державної Академії будівництва та архітектури». Випуск 13. Одеса, ОДАБА, 2004, с 215-220.
11. Городийчук А. С. Методические указания по выполнению раздела дипломного проекта «Технико-экономическое обеспечение эксплуатационных мероприятий на оросительных системах» для студентов специальности 1511 - Гидромелиорация. Ровно, НИВХ, 1983, 89 с.

12. 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.
13. Шавва К. И. Количественная оценка уровня качества проектов мелиоративных систем с использованием методов квалиметрии. Методические указания для студентов специальности 1511 – Гидромелиорация. Кишинев, СХИ, 1986, 24 с.
14. Дупляк В. Д. Научно-технический прогресс в орошении. Киев, «Урожай», 1989, 274 с.
15. Справочная книга по орошаемому земледелию. Кишинев, «Карта Молдовеняске», 1990, с. 292-305.
16. Томин В. Д., Гантман В. Б., Копьев Е. Н. механизация работ по устройству и эксплуатации мелиоративных каналов. М, «Колос», 1968, с. 196-201.
17. Игнатъев В. Д., Кулиш Н. Е., Осинев В. И., Голодников Ю. С., Факас М. Д. Фермерство юга Украины: состояние, проблемы, перспективы. Одесса, 1997, 213 с.
18. Охрана окружающей среды и ирригационное использование природных ресурсов СССР. М, Госкомстат СССР, 1989, 174 с.
19. Изюмов В. В. Справочник по технике и способам поливов сельскохозяйственных культур. Киев, «Урожай», 1966, с. 261-269.
20. Угинчус А. А. Гидравлические и технико-экономические расчеты каналов. М, Стройиздат, 1965, 374 с.
21. Проектування протифільтраційних облицювань і кріплень каналів зрошувальних систем. ДБН ВВ 2.4-1-99. Мелиоративные сооружения. Киев, Институт ГТМ, 2006, 79 с.