

Тогда полный срок окупаемости инвестиций в реконструкцию оросительных систем необходимо определять с учетом строительного лага и лага освоения:

$$T_{\text{полн}} = L_{\text{стр}} + T_{\text{нп}} + L_{\text{осв}},$$

где $T_{\text{полн}}$ – полный срок окупаемости инвестиций в реконструкцию, лет;

$T_{\text{нп}}$ – срок окупаемости инвестиций, равный И/Э, лет.

Объективная оценка целесообразности реконструкции оросительных систем возможна лишь при достоверных исходных данных. Определять с абсолютной точностью основные показатели, существенно влияющие на оценку, учитывая вероятностный характер исходных данных, принципиально невозможно. Особое внимание необходимо уделять вариантам, попавшим в зону оптимума. Имея в виду вероятностный характер исходных данных, варианты реконструкции, полный срок окупаемости которых колеблется в пределах $\pm 5\%$, можно считать равноценными с экономической точки зрения.

Список использованных источников

1 Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: утв. Минэкономки России, Минфином России, Госстроем России 21.06.99 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2017.

2 Мелиорация и водное хозяйство. Экономика: справочник / сост. Е. И. Сердюк [и др.]; под. ред. В. Ф. Моховикова. – М.: Колос, 1984. – 255 с.

3 Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель: РД-АПК 300.01.003-03: утв. М-вом сел. хоз-ва Рос. Федерации 24.01.03 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2017.

УДК 626.823

Ю. М. Косиченко, Д. В. Бакланова, В. Ф. Сильченко

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

УТОЧНЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА ТРАПЕЦЕИДАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ

Целью исследования являлась разработка методики гидравлического расчета введенного в эксплуатацию канала для уточнения его параметров на примере Бурлинского магистрального канала в Алтайском крае. На основе использования основного уравнения равномерного движения воды в открытом русле была предложена методика гидравлического расчета канала при двух расчетных расходах (нормальном и эксплуатационном). По результатам проведенных расчетов установлено, что принятые в проекте Бурлинского магистрального канала параметры и расчетные гидравлические характеристики при расходе, равном $36,5 \text{ м}^3/\text{с}$, для первого и четвертого бьефов не соответствуют требуемой пропускной способности при принятой нормальной глубине соответственно 3,40 и 3,42 м. Определено, что ошибка при подсчете нормальной глубины составила от 5,5 до 18,3 %. При расчетном расходе, равном $10 \text{ м}^3/\text{с}$, во всех бьефах наблюдается несоответствие принятого по проекту расхода требуемой пропускной способности. Ошибка принятой по проекту нормальной глубины составила от 6,0 до 7,0 %.

Ключевые слова: гидравлический расчет, уточнение параметров канала, уравнение для расчета каналов, формула Шези.

Yu. M. Kosichenko, D. V. Baklanova, V. F. Sil'chenko

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

UPDATING THE HYDRAULIC PARAMETERS OF THE MAIN CANAL OF TRAPEZOIDAL CROSS-SECTION

The aim of the research was to develop a methodology for the hydraulic calculation of a canal put into service to detail its parameters using the example of the Burlin Main Canal in Altai Territory. On the usage of the basic equation of uniform water motion in the open channel, the methodology for hydraulic computation of the canal with two computed discharges (normal and operating) was proposed. It was found out by conducted calculations that the parameters and calculated hydraulic characteristics adopted in the Burlinsky Main Canal project at a flow rate of $36.5 \text{ m}^3/\text{s}$ for the first and the fourth pools did not correspond to the required discharge capacity at the assumed normal depth, respectively, 3.40 and 3.42 m. It was found that the error in calculating the normal depth was from 5.5 to 18.3 %. At a design flow rate of $10 \text{ m}^3/\text{s}$, in all pools there is a discrepancy between the projected flow rate of the required discharge capacity. The error of the normal depth accepted by the project was from 6.0 to 7.0 %.

Key words: hydraulic computation, updating the canal parameters, equation for canal calculation, Chezy formula.

Введение. При эксплуатации крупных каналов возникают проблемы их эксплуатационной надежности и гидравлической эффективности, в т. ч. больших потерь на фильтрацию [1–8]. В связи с этим исследования гидравлики крупных каналов, к которым относится и Бурлинский магистральный канал (МК) в Алтайском крае, представляют значительный интерес.

История создания Бурлинского МК вместе с Бурлинской оросительной системой (ОС) насчитывает длительный период, начиная с 1961 г. Строительство Бурлинской ОС было начато в 1983 г., и в 2010 г. возраст первого и второго бьефа МК составил 27 лет [9]. Подача воды предусматривалась по Бурлинскому МК из Новосибирского водохранилища расходом $36,5 \text{ м}^3/\text{с}$ в р. Бурлу, что должно было решить вопросы обводнения бессточного бассейна Кулундинской степи.

Проектными организациями ГУГНПЦ «Ленводпроект» и ОАО «Алтайводпроект» планировалось орошение земель в бассейне р. Бурлы только в Алтайском крае на площади 55 тыс. га, в связи с чем в 1975 г. был разработан технический проект орошения в бассейне р. Бурлы Алтайского края и начато строительство Бурлинской ОС и МК, превратившееся в долгострой [9, 10]. В 1983 г. трест «Каменьводстрой» приступил к выполнению работ первой очереди строительства, в рамках которой началось возведение Бурлинского МК. Проект несколько раз пересматривался в связи с необходимостью обновления запроектированной устаревшей дождевальной техники. Технический проект первой очереди (утвержденный вновь в 1989 г.) имел площадь орошения земель 9224,6 га. Общая стоимость строительства составляла более 90 млн руб. при планируемой проектной рентабельности первой очереди 61 %. Однако данная рентабельность имела завышенные показатели [9].

С 1991 г. строительство Бурлинской ОС было приостановлено в связи с отсутствием бюджетного финансирования. К этому времени были выполнены работы по строительству МК и насосных станций НС-1 и НС-2. Незавершенным осталось строительство насосных станций НС-3 и НС-4 на МК и ряда оросительных объектов в Бурлинском и Крутихинском районах.

Схема подачи воды по Бурлинскому МК приведена на рисунке 1. Она включала четыре бьефа на МК с подачей воды из Новосибирского водохранилища в озеро Приганское с общей высотой геодезического подъема воды 74 м и расходом $36,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

С 1991 по 2002 г. произошла большая трансформация взглядов на возможность и необходимость дальнейшего строительства Бурлинского МК и переоценка целевого

назначения строительства Бурлинской ОС. Первоначальное назначение этой системы – орошение земель на больших площадях – было признано нецелесообразным. В 2002 г. Минсельхоз России как государственный заказчик определил новую стратегию строительства системы. Было принято решение о продолжении строительства только сооружений МК с целью обеспечения подачи воды из Новосибирского водохранилища для обводнения озер в нижнем течении р. Бурлы [9].

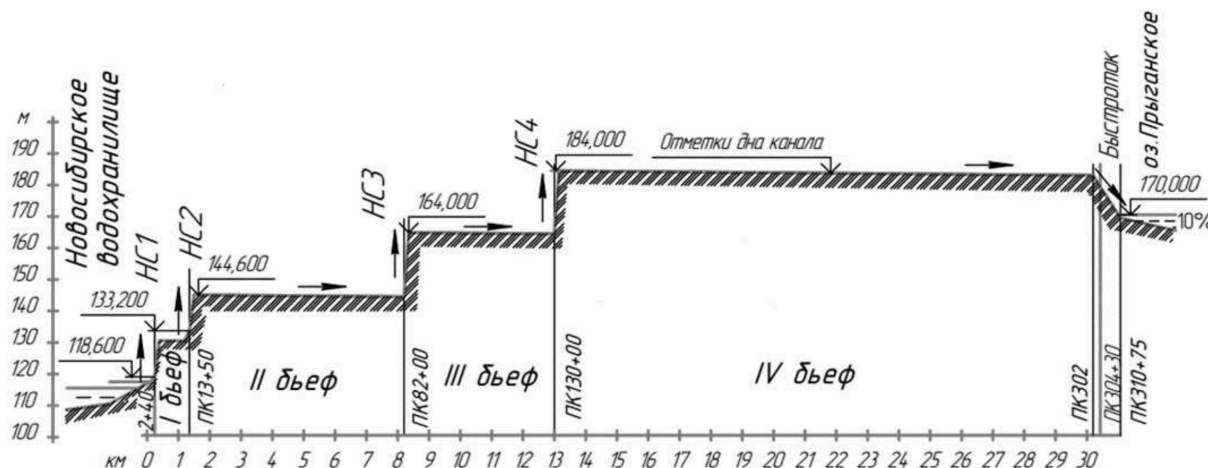


Рисунок 1 – Схема подачи воды по Бурлинскому МК

С 2003 по 2010 г. были продолжены работы по строительству комплекса водоподводящих сооружений на МК, и в 2011 г. Бурлинский МК был принят в эксплуатацию с расходом $10 \text{ м}^3/\text{с}$.

На наш взгляд, эксплуатация МК со сниженным эксплуатационным расходом целесообразна на первом этапе, а в дальнейшем необходимо рассмотреть мероприятия по развитию орошения в бассейне р. Бурлы на площади до 55 тыс. га с увеличением подачи воды из Новосибирского водохранилища до $36,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

Целью настоящего исследования являлась разработка методики гидравлического расчета для определения основных параметров Бурлинского МК при двух расчетных расходах: проектом $36,5 \text{ м}^3/\text{с}$ и эксплуатационном (на первом этапе) $10 \text{ м}^3/\text{с}$.

Материалы и методы. Методика гидравлического расчета канала основывается на использовании основного уравнения равномерного движения воды в открытом русле (формула Шези) [11]:

$$Q = \omega \cdot C \sqrt{R \cdot i}, \quad (1)$$

где Q – расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$;

ω – площадь живого сечения канала, м^2 ;

C – коэффициент Шези, $\text{м}^{0.5}/\text{с}$;

R – гидравлический радиус, м;

i – уклон дна канала.

Входящие в зависимость (1) параметры определяем по следующим формулам:

- площадь живого сечения канала ω , м^2 :

$$\omega = (b + mh) \cdot h,$$

где b – ширина канала по дну, м;

h – глубина канала, м;

m – коэффициент заложения откоса;

- коэффициент Шези по рекомендуемой формуле Н. Н. Павловского [11]:

$$C = \frac{1}{n} R^y,$$

где n – коэффициент шероховатости русла;

y – показатель степени, зависящий от величины коэффициента шероховатости и гидравлического радиуса ($y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1)$); при $R > 1$ м заменяют на приближенный $y = 1,3\sqrt{n}$;

$$R = \frac{\omega}{\chi},$$

где $\chi = b + 2h\sqrt{1+m^2}$ – смоченный периметр, м.

Средняя скорость в живом сечении канала v , м/с, вычисляется по формуле:

$$v = \frac{Q}{\omega}, \quad (2)$$

и затем сравнивается с допускаемой незаилающей по формуле [11]:

$$v_{\text{нез}} = 0,3 \cdot R^{0,25}. \quad (3)$$

Особенностью гидравлического расчета Бурлинского МК является то, что канал должен рассчитываться при двух расчетных расходах: нормальном, соответствующем проекту $Q_n = 36,5$ м³/с и эксплуатационном, соответствующем первой очереди $Q_n = 10,0$ м³/с. К задаваемым параметрам канала также относятся параметры b , m , i и n , которые изменяются в зависимости от бьефа канала. При этом учтем, что коэффициент шероховатости земляного русла из суглинка согласно СП 100.13330.2012 [11] следует принимать равным: при $Q_n > 25$ м³/с $n = 0,020$, при $Q_n = 1 \dots 25$ м³/с $n = 0,0225$.

Расчет параметров МК заключается в вычислении расхода Q , м³/с, по формуле (1) и подборе методом итераций нормальной глубины h_n , м, соответствующей заданным значениям расхода при нормальной глубине $Q_n = 36,5$ м³/с и $Q_n = 10,0$ м³/с. Кроме того, определяется средняя скорость потока v , м/с, по формуле (2) и сравнивается с незаилающей $v_{\text{нез}}$, м/с, по формуле (3). В случае, если $v \leq v_{\text{нез}}$, будет происходить заиливание русла МК наносами, а следовательно, данный режим его эксплуатации считается нецелесообразным. Алгоритм расчета канала представлен на рисунке 2.

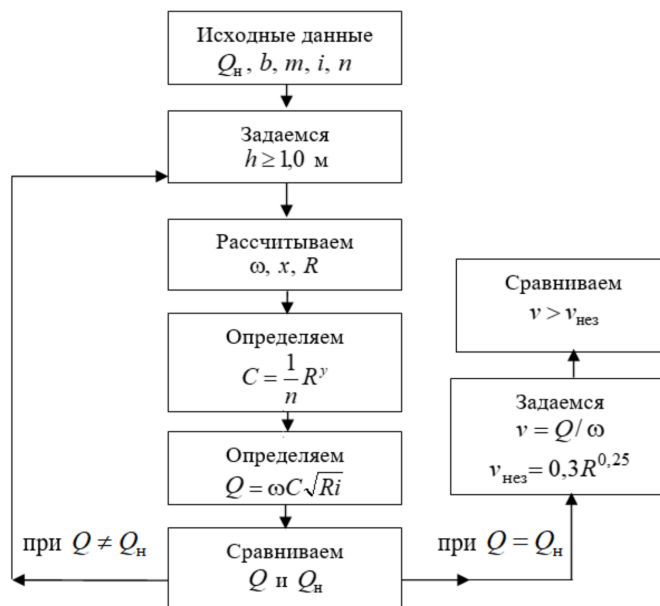


Рисунок 2 – Алгоритм уточнения гидравлических параметров Бурлинского МК

Результаты и обсуждение. Результаты гидравлического расчета Бурлинского МК при проектных режимах работы канала по четырем участкам (бьефам) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты гидравлического расчета Бурлинского МК для уточнения параметров при проектных режимах работы канала по участкам (бьефам)

Участок канала (бьеф)	Задаваемый параметр по проекту				Расчетный гидравлический параметр							
	b , м	m	i	n	h , м	ω , м ²	χ , м	R , м	C , м ^{0.5} /с	Q , м ³ /с	v , м/с	$v_{нез}$, м/с
$Q_H = 36,5 \text{ м}^3/\text{с}$												
I бьеф (ПК 2 + 40 – ПК 13 + 50)	5,0	2,5	0,0001	0,020	<u>3,40</u> 3,60	<u>45,90</u> 50,40	<u>23,31</u> 24,39	<u>1,97</u> 2,07	<u>56,64</u> 57,16	<u>28,83</u> 36,50	<u>0,628</u> 0,724	<u>0,355</u> 0,360
II бьеф (ПК 13 + 50 – ПК 82)	5,0	3,0	0,00006	0,020	3,63	57,68	27,96	2,06	57,13	36,63	0,635	0,359
III бьеф (ПК 82 – ПК 130)	5,0	3,0	0,00006	0,020	3,63	57,68	27,96	2,06	57,13	36,63	0,635	0,359
IV бьеф (ПК 130 – ПК 210)	5,0	3,0	0,00006	0,020	3,63	57,68	27,96	2,06	57,13	36,63	0,635	0,359
IV бьеф (ПК 210 – ПК 304 + 30)	10,0	4,0	0,00006	0,020	<u>3,42</u> 2,89	<u>80,98</u> 62,64	<u>38,20</u> 33,91	<u>2,12</u> 1,85	<u>57,36</u> 55,98	<u>52,38</u> 36,50	<u>0,647</u> 0,583	<u>0,362</u> 0,350
$Q_H = 10,0 \text{ м}^3/\text{с}$												
I бьеф (ПК 2 + 40 – ПК 13 + 50)	5,0	2,5	0,00001	0,0225	<u>1,85</u> 1,99	<u>17,81</u> 20,00	<u>14,97</u> 15,77	<u>1,19</u> 1,27	<u>45,98</u> 46,55	<u>8,93</u> 10,0	<u>0,501</u> 0,504	<u>0,313</u> 0,318
II бьеф (ПК 13 + 50 – ПК 82)	5,0	3,0	0,00006	0,0225	<u>2,01</u> 2,13	<u>22,17</u> 22,44	<u>17,71</u> 18,53	<u>1,25</u> 1,32	<u>46,43</u> 46,91	<u>8,91</u> 10,0	<u>0,402</u> 0,410	<u>0,317</u> 0,322
III бьеф (ПК 82 – ПК 130)	5,0	3,0	0,00004	0,0225	<u>2,22</u> 2,34	<u>25,88</u> 28,32	<u>19,04</u> 19,86	<u>1,36</u> 1,43	<u>47,19</u> 47,63	<u>9,58</u> 10,0	<u>0,386</u> 0,360	<u>0,324</u> 0,328
IV бьеф (ПК 130 – ПК 210)	5,0	3,0	0,00003	0,0225	<u>2,38</u> 2,50	<u>28,89</u> 31,25	<u>20,05</u> 20,81	<u>1,44</u> 2,50	<u>47,72</u> 48,11	<u>9,06</u> 10,0	0,390 0,320	0,328 0,325
IV бьеф (ПК 210 – ПК 304 + 30)	10,0	4,0	0,00003	0,0225	<u>1,82</u> 1,94	<u>31,45</u> 34,97	<u>25,01</u> 26,16	<u>1,26</u> 1,34	<u>46,47</u> 47,03	<u>8,97</u> 10,0	<u>0,320</u> 0,286	<u>0,318</u> 0,323
Примечания 1 В числителе приведены расчетные параметры по данным проекта, в знаменателе – уточненные расчетные параметры в соответствии с уравнением равномерного движения (формулой Шези). 2 Квадраты, закрашенные серым цветом, характеризуют несоответствие проектного расхода на участке канала его пропускной способности по формуле Шези, а темно-серым цветом – недопустимые режимы работы канала.												

Анализ результатов показывает, что принятые в проекте параметры и расчетные гидравлические характеристики канала при расходе $Q_n = 36,5 \text{ м}^3/\text{с}$ для первого и четвертого бьефов (ПК 210 – ПК 304 + 30) не соответствуют требуемой пропускной способности при принятой нормальной глубине h_n соответственно 3,40 и 3,42 м: $Q_1 \leq Q_n$ ($28,83 \text{ м}^3/\text{с} < 36,5 \text{ м}^3/\text{с}$) и $Q_4 \leq Q_n$ ($52,38 \text{ м}^3/\text{с} < 36,5 \text{ м}^3/\text{с}$).

Поэтому в результате уточнения расчетов по принятому алгоритму (рисунок 2) нормальные глубины соответственно составили $h_1 = 3,60 \text{ м}$ (вместо 3,40 м) и $h_4 = 2,8 \text{ м}$ (вместо 3,42 м). Таким образом, ошибка при подсчете нормальной глубины составила от 5,5 до 18,3 %.

При расчетном расходе $Q_n = 10,0 \text{ м}^3/\text{с}$ во всех бьефах наблюдается несоответствие принятого расхода по проекту требуемой пропускной способности. Ошибка принятой по проекту нормальной глубины составила от 6,0 до 7,0 %. Наряду с этим для данного случая в четвертом бьефе на двух участках при сравнении уточненных значений скорости с незаияющей получены недопустимые режимы работы канала, когда будет происходить заиливание русла. Очевидно, здесь необходима разработка специальных мероприятий.

Следует отметить, что при $Q_n = 10,0 \text{ м}^3/\text{с}$ было неправильно принято значение коэффициента шероховатости канала. Так, при снижении расхода в канале с $36,5$ до $10,0 \text{ м}^3/\text{с}$ согласно СП 100.13330.2012 [11] коэффициент шероховатости будет увеличиваться с 0,020 до 0,0225, что подтверждается результатами натурных исследований на многих крупных каналах [12, 13]. Принятие неправильного значения коэффициента шероховатости с ошибкой более 10 % привело к заниженным значениям расхода на каждом участке в пределах 5–10 %, а также к заниженным значениям нормальной глубины.

Выводы. Таким образом, на основании вышеизложенного можно заключить, что разработанная методика гидравлического расчета параметров канала на примере Бурлинского МК позволяет получать наглядные результаты и уточнять их с помощью предложенного алгоритма.

Список использованных источников

- 1 Карасев, И. Ф. Руслые процессы при переброске стока / И. Ф. Карасев. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 288 с.
- 2 Алтуни, В. С. Мелиоративные каналы в земляных руслах / В. С. Алтуни. – М.: Колос, 1979. – 255 с.
- 3 Железняков, Г. В. Пропускная способность русел каналов и рек / Г. В. Железняков. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 311 с.
- 4 Угинчус, А. А. Гидравлические и технико-экономические расчеты каналов / А. А. Угинчус. – М.: Стройиздат, 1965. – 274 с.
- 5 Рабкова, Е. К. Проектирование и расчет оросительных каналов в земляном русле / Е. К. Рабкова. – М.: Изд-во УДН, 1990. – 252 с.
- 6 Косиченко, Ю. М. Вероятностная модель эксплуатационной надежности крупных каналов / Ю. М. Косиченко, Ю. И. Иовчу, М. Ю. Косиченко // Гидротехническое строительство. – 2007. – № 12. – С. 39–45.
- 7 Косиченко, Ю. М. Исследования фильтрационных потерь из каналов оросительных систем / Ю. М. Косиченко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 6. – С. 24–25.
- 8 Обеспечение безопасности и надежности низконапорных гидротехнических сооружений: монография / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, Д. В. Бакланова, О. А. Бавев, Е. Д. Михайлов. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 283 с.
- 9 Кошелева, Е. Д. Компьютерное моделирование взаимодействия грунтовых и поверхностных вод в зоне Бурлинского магистрального канала / Е. Д. Кошелева, К. Б. Кошелев. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2010. – 238 с.

10 Кошелева, Е. Д. Прогноз зон влияния Бурлинского магистрального канала / Е. Д. Кошелева, К. Б. Кошелев // Вестник алтайской науки. – 2008. – № 1. – С. 195–203.

11 Мелиоративные системы и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.03-85: СП 100.13330.2012: утв. М-вом стр-ва и жилищ.-коммун. хоз-ва Рос. Федерации 16.12.16: введ. в действие с 17.06.17. – 229 с.

12 Косиченко, Ю. М. Закономерности изменения гидравлических сопротивлений земляных русел при эксплуатации / Ю. М. Косиченко // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2011. – № 4. – С. 107–111.

13 Косиченко, Ю. М. Гидравлическая эффективность крупных каналов Северного Кавказа / Ю. М. Косиченко, К. Г. Гурин, А. В. Самойленко // Водное хозяйство России. – 2005. – Т. 7, № 4. – С. 378–391.

УДК 634.1:631.67

В. И. Кременской, А. М. Джапарова

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Российская Федерация

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ В КРЫМУ

Целью исследования являлось изучение тенденций и динамики орошаемого земледелия в Крыму. В результате установлено, что ведущим способом полива на сегодняшний день является капельный, которым в 2017 г. полито более 62 % орошаемых земель. Максимальной площадь капельного орошения была в 2013 г. (14,4 тыс. га). В 2017 г. в Республике Крым многолетние насаждения занимали 7076 га, или 82,6 % от всех площадей, орошаемых капельным способом. Доля микроорошения в процентном отношении стабильно увеличивается, что подтверждает ее применимость и экономическую целесообразность при выращивании большинства видов сельскохозяйственных культур. Государственная поддержка сельскохозяйственных производителей в виде субсидий способствует внедрению капельного полива в новых насаждениях садов, виноградников, на посевах овощных и технических культур.

Ключевые слова: дефицит водных ресурсов, микроорошение, капельное орошение, динамика орошаемых площадей, структура посевных площадей.

V. I. Kremenskoy, A. M. Dzhaparova

Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation

DRIP IRRIGATION SYSTEMS IMPLEMENTATION IN CRIMEA

The purpose of the study was to study the trends and dynamics of irrigated farming in the Crimea. As a result, it has been found that the drip irrigation method is a leading one nowadays, which irrigated more than 62 % of irrigated land in 2017. The maximum area of drip irrigation was in 2013 (14.4 thousand hectares). In 2017, in the Republic of Crimea, the perennial plantings occupied 7076 ha, or 82.6 % of all areas irrigated by drip method. The proportion of micro-irrigation in percentage terms is steadily increasing, which confirms its applicability and economic feasibility in the majority of agricultural crops cultivation. State support of agricultural producers in the form of subsidies contributes to the introduction of drip irrigation in new gardens, vineyards, vegetable and industrial crops plantings.

Key words: water scarcity, micro-irrigation, drip irrigation, dynamics of irrigated areas, cultivated areas structure.

Введение. В условиях возрастающего дефицита качественной пресной воды, роста цен на энергоносители, ухудшения экологического состояния орошаемых земель актуальными становятся разработка и внедрение ресурсо- и энергосберегающих, экологи-