



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

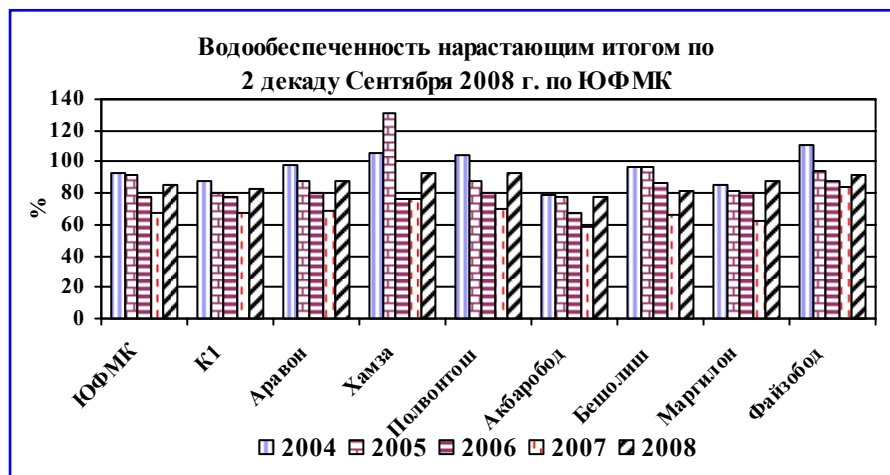


Проект
«ИУВР-Фергана»

№ 3.4

ПОКАЗАТЕЛИ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

$$V_{di} = \frac{Q_{di}^f}{Q_{di}^p}$$



Ташкент - 2008

УПРАВЛЕНИЕ ВОДОЙ

КАВР

**Проект
«ИНТЕГРИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ
В ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЕ»
(ИУВР-Фергана)**

Исполнители:



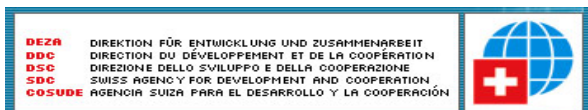
Международный институт управления
водными ресурсами
(IWMI)



Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной
водохозяйственной комиссии
государств Центральной Азии
(НИЦ МКВК)



Финансовая поддержка:



Швейцарское агентство по международному
развитию и сотрудничеству
(SDC)

Сокращения

ААК	Араван-Акбуринский канал
АВП	Ассоциация водопользователей
БД	База данных
БУ	Балансовый участок
ИУВР	Интегрированное управление водными ресурсами
ИУС	Информационно-управляющая система
КПД	Коэффициент полезного действия
ПК	Пилотный канал
ХБК	Ходжа-Бакирганский канал
ЮФМК	Южно-Ферганский магистральный канал

Составители:

Мирзаев Н.Н., Саидов Р., Эргашев И.

*Дополнительную информацию по проекту «ИУВР-Фергана» можно получить
на веб-сайте: <http://iwrmi.icwc-aral.uz>
Замечания и предложения просим присылать по e-mail: nazir_m@icwc-aral.uz*

ВВЕДЕНИЕ

Для принятия правильных решений по управлению надо располагать системой показателей, отражающих состояние объектов управления. Существует большое разнообразие показателей, отражающих технические, технологические, экономические, экологические и другие аспекты водохозяйственной деятельности. В настоящей работе представлены основные показатели для анализа и принятия решений по водораспределению.

Показатели водораспределения являются важным инструментом для принятия как краткосрочных, так и средне- и долгосрочных решений по улучшению управления водой. Продуманное сочетание показателей помогает увидеть, насколько правильно (справедливо и эффективно) учитываются цели, стоящие перед водниками и водопользователями, принять решения по улучшению управления водными ресурсами в системе.

Показатели служат средством

- Обеспечения прозрачности и дают возможность гражданскому обществу и органам власти оценивать уровень исполнения принятых решений и эффективно осуществлять руководство водой.
- Выявления слабых сторон в руководстве и управлении и водой.
- Обнаружения сознательных или бессознательных ошибок в отчетности водохозяйственных организаций.

В рамках проекта «ИУВР-Фергана» для уровня «Пилотные каналы» разработана и внедрена информационно-управляющая система (ИУС), которая содержит программы для расчета практически необходимого минимума основных показателей по водораспределению: водообеспеченность, стабильность, равномерность, КПД, удельная водоподача. На практике внедрение этих показателей должен происходить поэтапно. В перспективе по мере развития БД и программного обеспечения, состав используемых показателей может и должен расширяться.

Ниже приведены:

- Словесное описание алгоритма расчета показателей водораспределения.
- Разъяснения по поводу назначения и роли показателей водораспределения.
- Примеры расчета некоторых показателей водораспределения, иллюстрирующие процесс расчета показателей водораспределения.

КОЭФФИЦИЕНТ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ

$\text{Коэффициент водообеспеченности} = \frac{\text{Фактическая водоподача}}{\text{Плановая водоподача}}.$	(1)
---	-----

Оптимальным (с биологической точки зрения) является случай, когда коэффициент водообеспеченности равен 1. Коэффициент водообеспеченности на практике не всегда точно отражает степень обеспеченности сельхозкультур в воде.

Коэффициент водообеспеченности¹, в зависимости от цели анализа, рассчитывается

- для отвода и группы отводов.
- относительно плана и лимита: факт/план, факт/лимит;
- для декады и расчетного периода.

¹ Коэффициенты водообеспеченности, стабильности, равномерности и др. являются безразмерными. Чтобы выразить коэффициенты в % надо увеличить их на 100.

Группа отводов, в зависимости от состава и количества отводов, входящих в группу и получающих воду из ПК, может представлять хозяйство, АВП, район, область, республику, зону балансового участка ПК, всю зону ПК (системы) в целом и т.д.

Расчетным периодом может быть, в зависимости от номеров декад, входящих в состав периода, любой отрезок времени: год, вегетационный период, вневегетационный период, часть вегетационного или вневегетационного периодов (сезона).

В практике водораспределения используются расчеты «нарастающим итогом», когда показатель определяется для периода, начинающегося с первой декады и заканчивающегося последней декадой расчетного периода².

Примеры расчета коэффициентов водообеспеченности

а) Отвод

Декада: 3 декада апреля

$$\text{Коэффициент водообеспеченности} = \frac{790}{1149} = 0,69$$

Расчетный период: 1 - 3 декады апреля

$$\text{Коэффициент водообеспеченности} = \frac{583 + 661 + 790}{583 + 829 + 1149} = \frac{2034}{2561} = 0,79.$$

Таблица 1. Расчет коэффициентов водообеспеченности для отвода

Показатели	Единица измерения	Апрель			За расчетный период
		1	2	3	
Плановая водоподача	Тыс. м ³	583	829	1149	2561
Фактическая водоподача	Тыс. м ³	583	661	790	2034
Водообеспеченность		1.0	0.80	0.69	0.79

б) ПК

Декада: 3 декада апреля

$$\text{Коэффициент водообеспеченности} = \frac{52183}{56182} = 0,93$$

Расчетный период: 1 - 3 декады апреля

$$\text{Коэффициент водообеспеченности} = \frac{45136 + 49889 + 52183}{35184 + 37595 + 56182} = \frac{147208}{128961} = 1,14$$

Таблица 2. Расчет коэффициентов водообеспеченности для ПК

Показатели	Единица измерения	Апрель			За расчетный период
		1	2	3	
Плановая водоподача	Тыс. м ³	35184	37595	56182	128961
Фактическая водоподача	Тыс. м ³	45136	49889	52183	147208
Водообеспеченность		1.28	1.33	0.93	1.14

² Здесь и далее имеются в виду расчеты «нарастающим итогом».

КОЭФФИЦИЕНТ СУТОЧНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ

а) Отвод

Коэффициент суточной стабильности = $1 - (\text{среднеквадратическое отклонение внутрисуточных наблюдений расходов воды относительно среднесуточного расхода воды}) / \text{среднесуточный расход воды}$	(2)
--	-----

б) Группа отводов

Коэффициент суточной стабильности по группе отводов = среднеарифметическое значение коэффициентов суточной стабильности по отводам	(3)
--	-----

Коэффициент суточной стабильности характеризует уровень стабильности расходов воды в течение суток

- в точке водозабора в ПК (суточная стабильность головного водозабора в ПК);
- в точках боковых притоков в ПК;
- на контрольных гидростаях ПК;
- по отводу (суточная стабильность водоподачи);
- по группе отводов (хозяйство, АВП, ПК и т.д.).

Максимальное значение коэффициента стабильности равно 1.

В практике водораспределения коэффициент стабильности, также как коэффициент равномерности, пока не применяется, так как определение его без компьютера – это достаточно трудоемкий процесс и, главное, в стабильности и равномерности водоподачи, в принципе, заинтересованы не столько водники, сколько водопользователи.

Пример расчета коэффициента суточной стабильности водозабора

а) Контрольный пост №1 (головной водозабор)

Сутки: 1 апреля

Таблица 3. Исходная информация к расчету коэффициента суточной стабильности водозабора

Время наблюдений, час	(Q),	(Q-Q _{ср})	(Q-Q _{ср}) ²	$\frac{\sum (Q_{ср} - Q)^2}{24 + 1}$	$\sqrt{6.191}$
1	52.2	-2.18	4.767		
2	52.2	-2.18	4.767		
24	45.9	4.12	16.947		
Среднее	50.0 2			6.191	2,48
Сумма	1200		154.77		

Где:

- Q – расход воды в момент внутрисуточных наблюдений, м³/с;
- Q_{ср} – среднесуточный расход воды, м³/с.

$$\text{Коэффициент суточной стабильности водозабора} = 1 - \frac{2,48}{50,02} = 0,95$$

На контрольных постах ЮФМК организованы почасовые наблюдения за расходом воды.

КОЭФФИЦИЕНТ ДЕКАДНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ

а) Отвод

Коэффициент декадной стабильности	=1 -	$\frac{\text{Среднеквадратическое отклонение среднесуточных расходов воды относительно среднедекадного расхода}}{\text{Среднедекадный расход воды}}$	(4)
-----------------------------------	------	--	-----

б) Группа отводов

Коэффициент декадной стабильности по группе отводов = среднеарифметическое значение коэффициентов декадной стабильности по отводам	(5)
---	-----

Пример расчета коэффициента декадной стабильности по отводу

Таблица 4. Исходная информация к расчету коэффициента декадной стабильности водоподачи

Сутки	Q	Q-Q _{ср}	(Q-Q _{ср}) ²	Σ(Q-Q _{ср}) ² /11	$\sqrt{0.003273}$
11	0.8	0.02	0.0004		
12	0.8	0.02	0.0004		
19	0.8	0.02	0.0004		
20	0.8	0.02	0.0004		
Сумма	8,2		0.036		
Среднее	0.82			0.003273	0,057

Где

Q – среднесуточный расход воды, м³/с;

Q_{ср} – среднедекадный расход воды, м³/с.

Коэффициент декадной стабильности водоподачи = $1 - \frac{0,057}{0,82} = 0,93$.

Коэффициент декадной стабильности за расчетный период по отводу (или группе отводов) определяется как среднеарифметическое значение коэффициентов декадной стабильности по декадам расчетного периода.

Таблица.5. Расчет коэффициент декадной стабильности за период с 1 декады апреля по 3 декаду апреля

Показатель	Апрель			За расчетный период
	1	2	3	
Декадная стабильность	0,67	0,80	0,85	0,77

КОЭФФИЦИЕНТ РАВНОМЕРНОСТИ ВОДОПОДАЧИ

а) Отвод или группа отводов (хозяйство, АВП, район, область и т.д.)

Коэффициент равномерности водоподачи	$= 1 - \frac{\text{Абсолютное значение разности между водообеспеченностью отвода (или группы отводов) и водообеспеченностью ПК}}{\text{Водообеспеченность ПК}}$	(6)
--	---	-----

Основополагающим принципом водораспределения, вытекающим из принципа социальной справедливости, в настоящее время является – принципе пропорциональности.

Критерием оценки справедливости фактического распределения воды между водопользователями является коэффициент равномерности водоподачи.

Максимальное значение коэффициента равномерности равно 1. Чем выше коэффициент равномерности, тем справедливее происходит процесс водораспределения из ПК.

б) ПК

Коэффициент равномерности водоподачи из ПК = среднеарифметическое значение коэффициентов равномерности водоподачи водопользователей ПК	(7)
--	-----

Примеры расчета коэффициента равномерности водоподачи

а) Отвод

Декада: 3 декада апреля

$$\text{Коэффициент равномерности} = 1 - \frac{|0,69 - 0,90|}{0,90} = 0,77;$$

Расчетный период: 1 - 3 декады апреля

$$\text{Коэффициент равномерности} = 1 - \frac{|0,79 - 0,83|}{0,83} = 0,95$$

Таблица 6. Расчет коэффициентов равномерности по отводу

Показатели	Апрель			За расчетный период
	1	2	3	
Водообеспеченность отвода	1.0	0.80	0.69	0.79
Водообеспеченность ПК	0.80	0.78	0.90	0.83
Равномерность по отводу	0.75	0.97	0.77	0.95

б) ПК

Расчетная декада: 3 декада апреля.

Расчетный период: 1 – 3 декады апреля.

Таблица 7. Расчет коэффициентов равномерности по ПК

Показатели	Номера водопользователей			ПК
	1	2	3	
Декадная равномерность	0,70	0,80	0,90	0,80
Декадная равномерность за расчетный период	0,80	0,90	1,00	0,90

$$\text{Коэффициент декадной равномерности} = \frac{0,7 + 0,8 + 0,9}{3} = 0,8$$

$$\text{Коэффициент декадной равномерности ПК за расчетный период} = \frac{0,8 + 0,9 + 1,0}{3} = 0,9.$$

КОЭФФИЦИЕНТ РАВНОМЕРНОСТИ «ГОЛОВА-КОНЕЦ»

В практике водораспределения, как правило, существует проблема «голова-конец», когда, расположенные выше по течению источника орошения водопользователи, лучше обеспечены водой, чем нижерасположенные. Коэффициент равномерности «голова-конец» отражает справедливость распределения воды по длине канала.

Коэффициент равномерности «голова-конец» = $1 - \frac{\text{абсолютное значение разности между водообеспеченностью 25\% водопользователей концевой участка ПК и 25\% водопользователей головного участка ПК}}{\text{водообеспеченность 25\% водопользователей концевой участка ПК}}$	(8)
--	-----

Пример расчета коэффициента равномерности водоподачи «голова-конец»

Таблица 8. Исходная информация к расчету коэффициента равномерности «голова-конец»

Головной участок			Концевой участок		
№:	Водопользователи	Коэффициент водообеспеченности	№:	Водопользователи	Коэффициент водообеспеченности
1	Узбекистан	0,94	1	Улугбек	0,92
2	Риштан	0,94	2	Ташкент	0,86
3	Хужабод	0,88	3	Кучкорчи	0,58
4	Фархад	0,96	4	Эргашев	0,71
5	Турдиев	0,91	5	Навой	0,73
	Среднее	0,93		Среднее	0,76

$$\text{Коэффициент равномерности "голова - конец"} = 1 - \frac{|0,76 - 0,93|}{0,93} = 0,78.$$

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ (КПД)

Технический КПД = $\frac{\text{Водоподача} + \text{Транзит} + \text{Сброс}}{\text{Головной водозабор} + \text{Боковой приток}}$	(9)
---	-----

В принципе максимальное значение технического КПД не может быть больше 1. Однако в практике водораспределения, в силу того, что рассредоточенный приток воды в ПК учесть очень сложно имеют место случаи, когда КПД больше 1.

Водозабор в ПК может формироваться за счет головного водозабора в ПК и боковых притоков. Например, водозабор в ЮФМК формируется за счет головного водозабора из Шахрихансая, а также за счет боковых притоков из Акбурасая, Аравансая, Бешалишсая, Маргилансая и за счет подпитки из Каркидонского водохранилища.

$$\text{Организационный КПД} = 1 - \frac{\text{Сброс} + \text{Сверхплано вая водоподача}}{\text{Головной водозабор} + \text{Боковой приток}} \quad (10)$$

$$\text{Эксплуатационный КПД} = \text{Технический КПД} + \text{Организационный КПД} - 1 \quad (11)$$

$$\text{КПД}^3 \text{ системы орошения} = \text{КПД магистрального канала} \times \text{КПД межхозяйственной сети} \times \text{КПД внутрихозяйственной сети} \times \text{КПД поля} \quad (12)$$

$$\text{КПД оросительной системы} = \text{КПД магистрального канала} \times \text{КПД межхозяйственной сети} \times \text{КПД внутрихозяйственной сети} \quad (13)$$

$$\text{КПД межхозяйственной оросительной системы} = \text{КПД магистрального канала} \times \text{КПД межхозяйственной сети} \quad (14)$$

Примеры расчета КПД балансового участка ПК

а) КПД БУ

Декада: 3 декада апреля

$$\text{КПД БУ} = \frac{2589 + 57497 + 0}{61690 + 0} = 0,97$$

Расчетный период: 1 - 3 декады апреля

$$\text{КПД БУ} = \frac{7388 + 158165 + 0}{170316 + 0} = 0,97$$

Таблица 9. Расчет КПД БУ

Показатели	Единица измерения	Апрель			Расчетный период
		1	2	3	
Декада					
Головной водозабор в БУ	Тыс. м ³	54065	54562	61690	170316
Водоподача из БУ	Тыс. м ³	2121	2678	2589	7388
Транзит через БУ	Тыс. м ³	49956	50712	57497	158165
Сброс из БУ	Тыс. м ³	0	0	0	0
Боковой приток в БУ	Тыс. м ³	0	0	0	0
КПД БУ		0.96	0.98	0.97	0.97

б) КПД ПК

Декада: 3 декада апреля

$$\text{КПД ПК} = \frac{52183 + 3456 + 5249}{61690} = 0,99$$

Расчетный период: 1 - 3 декады апреля

³ Здесь и далее под «КПД» (если нет никаких пояснений типа «организационный», «эксплуатационный») будем иметь в виду технический КПД.

$$\text{КПД ПК} = \frac{147208 + 3456 + 9860}{170316} = 0,94$$

Таблица 10. Расчет КПД ПК

Показатели	Единица измерения	Апрель			Расчетный период
		1	2	3	
Декада					
Головной водозабор в ПК	Тыс. м ³	54065	54562	61690	170316
Водоподача из ПК	Тыс. м ³	45136	49889	52183	147208
Транзит через ПК	Тыс. м ³			3456	3456
Сброс из ПК	Тыс. м ³	2587	2024	5249	9860
Боковой приток в ПК	Тыс. м ³	0	0	0	0
КПД ПК		0,88	0,95	0,99	0,94

с) Организационный КПД ЮФМК

Декада: 3 декада апреля

$$\text{Организационный КПД ПК} = 1 - \frac{5249 + 0}{61690 + 0} = 0,91$$

Расчетный период: 1 - 3 декады апреля

$$\text{Организационный КПД ПК} = 1 - \frac{9860 + 22245}{170316 + 0} = 0,81$$

Таблица 11. Расчет организационного КПД ПК

Показатели		Единица измерения	Апрель			Расчетный период
			1	2	3	
Декада						
Головной водозабор в ПК	Факт	Тыс. м ³	54065	54562	61690	170316
Водоподача из ПК	Факт	Тыс. м ³	45136	49889	52183	147208
	План	Тыс. м ³	35184	37595	56182	128961
Сверхплановая водоподача из ПК		Тыс. м ³	9952	12293	0	22245
Боковой приток в ПК	Факт	Тыс. м ³	0	0	0	0
Сброс из ПК	Факт	Тыс. м ³	2587	2024	5249	9860
Организационный КПД ПК			0,77	0,74	0,91	0,81

д) Эксплуатационный КПД ПК

Декада: 3 декада апреля

$$\text{Эксплуатационный КПД ПК} = 0,99 + 0,91 - 1 = 0,90$$

Расчетный период: 1 - 3 декады апреля

$$\text{Эксплуатационный КПД ПК} = 0,94 + 0,81 - 1 = 0,75$$

УДЕЛЬНАЯ ВОДОПОДАЧА

$\text{Удельная водоподача} = \frac{\text{Водоподача}}{\text{Орошаемая площадь}} .$	(15)
---	------

В зависимости от вида исходной информации различают фактическую и плановую удельную водоподачу. Наибольшую ценность представляет показатель удельной водоподачи, определенный в разрезе сельхозкультур.

В практике водораспределения, из-за отсутствия или слабости внутриводхозяйственного водоучета, такая информация, как правило, отсутствует, а если она есть, то достоверность ее низкая. Поэтому, обычно, пользуются показателем «удельная водоподача «на комплексный гектар»». Ниже приведены примеры расчета удельных водоподач на комплексный гектар по отводу и ПК в разрезе декады и расчетного периода.

Примеры расчета удельной водоподачи (факт)

а) Отвод

Декада: 3 декада апреля

$$\text{Удельная водоподача} = \frac{790,6}{1691} = 0,47 \text{ тыс. м}^3 / \text{га}$$

Расчетный период: 1 - 3 декады апреля

$$\text{Удельная водоподача} = \frac{583,2 + 829,4 + 790,6}{1691} = 1,3 \text{ тыс. м}^3 / \text{га};$$

а) Группа отводов

Декада: 3 декада апреля

$$\text{Удельная водоподача} = \frac{2589,4}{5777} = 0,45 \text{ тыс. м}^3 / \text{га}$$

Расчетный период: 1 - 3 декады апреля

$$\text{Удельная водоподача} = \frac{2120,9 + 2678,4 + 2589,4}{5777} = 1,28 \text{ тыс. м}^3 / \text{га}.$$

Таблица 12. Расчет удельной водоподачи

Показатели	Единица измерения	Объекты	Апрель			За расчетный период
			1	2	3	
Водоподача	Тыс. м ³	Отвод	583.2	829.4	790.6	2203.2
		Группа отводов	2120.9	2678.4	2589.4	7388.7
Орошаемая площадь	Га	Отвод	1691			
		Группа отводов	5777			
Удельная водоподача	Тыс. м ³ /га	Отвод	0.34	0.49	0.47	1.30
		Группа отводов	0.37	0.46	0.45	1.28

УДЕЛЬНЫЙ ВОДОЗАБОР

$\text{Удельный водозабор в ПК} = \frac{\text{Удельная водоподача из ПК}}{\text{КПД ПК}} .$	(16)
---	------

Пример расчета удельного водозабора

Таблица 13. Расчет КПД ПК

Показатели	Единица измерения	Апрель			Расчетный период
		1	2	3	
Декада					
Водоподача из ПК	Тыс. м ³	45136	49889	52183	147208
Орошаемая площадь	га	83000			
Удельная водоподача	Тыс. м ³ /га	0,54	0,60	0,63	1,77
КПД ПК		0,88	0,95	0,99	0,94
Удельный водозабор	Тыс. м ³ /га	0,62	0,63	0,64	1,88

Декада: 3 декада апреля

$$\text{Удельный водозабор} = \frac{0,63}{0,99} = 0,64 \text{ тыс. м}^3 / \text{га};$$

Расчетный период: 1 - 3 декады апреля

$$\text{Удельный водозабор} = \frac{1,7}{0,94} = 1,88 \text{ тыс. м}^3 / \text{га}.$$

КОЭФФИЦИЕНТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИРРИГАЦИИ⁴

$\begin{aligned} &\text{Коэффициент эффективности ирригации} = \\ &= \frac{\text{Суммарная эвапотранспирация с зоны ПК}}{\text{Удельный водозабор}} \end{aligned}$	(17)
--	------

Пример расчета коэффициента эффективности ирригации по ЮФМК

$$\text{Коэффициент эффективности ирригации по ЮФМК} = \frac{7,26}{12,5} = 0,58 .$$

⁴ Строго говоря, в этой формуле должны были бы быть представлены и другие составляющие водного баланса. Упрощение формулы вызвано проблемами получения информации по ним (осадки, инфильтрация и другие).

Таблица. 14. Расчет коэффициентов эффективности ирригации по пилотным каналам (вегетация 2003 г.)

№	Показатели	Единица измерения	ЮФМК	ААК	ХБК
1	Водозабор (головной водозабор + подпитка – транзит)	млн. м ³	1049,78	116,26	129,42
2	Удельный водозабор на орошение	тыс. м ³ /га	12,50	12,57	16,00
3	Суммарная эвапотранспирация	тыс. м ³ /га	7,26	7,58	7,73
4	Коэффициента эффективности ирригации		0,58	0,61	0,50

КОЭФФИЦИЕНТ ПРОДУКТИВНОСТИ ВОДЫ

$\text{Коэффициент физической продуктивности воды} = \frac{\text{Количество продукции сельхозож яйственной культуры}}{\text{Количество воды поданной из ПК на получение сельхозкул ьтуры}}$	(18)
---	------

$\text{Коэффициент экономической продуктивности воды} = \frac{\text{Стоимость продукции сельхозкультур}}{\text{Количество воды поданной из ПК на получение сельхозкультур}}$	(19)
--	------

КОЭФФИЦИЕНТ СОБИРАЕМОСТИ ПЛАТЫ ЗА ВОДНЫЕ УСЛУГИ

$\text{Коэффициент собираемости платы за водные услуги} = \frac{\text{Фактическая я сумма собранных платежей за услуги}}{\text{Плановая сумма платежей за водные услуги}}$	(20)
--	------

УДЕЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ И ПОДДЕРЖАНИЕ ПК

$\text{Удельные затраты на эксплуатацию и поддержание} = \frac{\text{Затраты на эксплуатацию и поддержание}}{\text{Водоподача}}$	(21)
--	------