

Проект А – 2 GEF
Участие в водосбережении

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Исполнитель: *Г.М.Хасанханова*
«Узгипромелиоводхоз»

Ташкент 1999 г.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

1. Идентификация конкурсных объектов. по почвенно-климатическому и гидромодульному районированию	3
2. Коэффициенты водопотребления культур.....	4
3. Оросительные нормы основных сельскохозяйственных культур.....	9
3.1. Вегетационный период.....	9
3.2. Невегетационный период.	11
3.3. Оросительные нормы риса.....	13
4. Оросительные нормы сельскохозяйственных культур при различных уровнях водообеспеченности.....	15
5. Рекомендации по оценке влияния совокупности факторов на уровень урожайности основных культур.....	17
5.1. Факторы влияния на урожай.....	17
5.2. Зависимость урожайности от водообеспеченности.....	21
ПРИЛОЖЕНИЯ	
ПРИЛОЖЕНИЕ А. ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКОЕ И ГИДРОМОДУЛЬНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ КОНКУРСНЫХ ОБЛАСТЕЙ.....	25
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОРОСИТЕЛЬНЫХ НОРМ	30
Б.1. Вегетационный период.....	30
Б.2. Невегетационный период.....	35
ПРИЛОЖЕНИЕ В. РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ НОРМ ПО ГИДРОМОДУЛЬНЫМ РАЙОНАМ.....	37
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. ВЗАИМОСВЯЗЬ: ПОЧВА - ВОДА - УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР	
Г.1. Зависимость урожайности культур от засоления почв.....	43
Г.2. Зависимость между уровнем грунтовых вод и урожайностью культур	45
Г.3. Взаимосвязь урожайности культур и качества воды.....	45
Г.4. Долгосрочный прогноз водопотребления культур.....	46

1. Идентификация конкурсных объектов по почвенно-климатическому и гидромодульному районированию

Чрезвычайное разнообразие природно – климатических особенностей и сложность почвенно -мелиоративных условий орошаемых территорий Центрально-Азиатского региона (ЦАР) обуславливает необходимость идентификации конкурсных объектов по единой методологической основе для принятия решений при водосбережении и водораспределении.

Определение оросительных норм сельскохозяйственных культур в странах ЦАР основывается на гидромодульном районировании территории, включающем следующие таксономические единицы:

- почвенно-климатическая (агроклиматическая) зона,
- почвенно-гидрогеологическая область (подобласть),
- гидромодульный район.

В качестве обобщающего показателя климатических условий принят дефицит испаряемости (испаряемость минус осадки). Испаряемость рассчитана по формуле Н. Н. Иванова с поправкой Л. А. Молчанова за теплое полугодие (апрель-сентябрь) по данным метеостанций

Почвенно-климатическая (агроклиматическая) зона. В результате сопоставления принципов районирования орошаемой территории, применяемых в государствах ЦАР, выполнена идентификация районирования конкурсных объектов (таблица 1.1). Принципы и методика районирования изложены в Приложении Б.1.

ТАБЛИЦА 1.1

Идентификация территории конкурсных областей по почвенно-климатическому районированию

Республика, область	Метео - станция	Природная зона, пояс и тип почв	Дефицит испаряемости, мм	Коэф. увлаж., Ку	Зона увлажнения
1	2	3	4	5	6
Казахстан					
<i>Южно-Казахстан.</i>	Ильич	пустыня северная	950-1000	0,10	очень сухая
<i>Кзыл-Ординская</i>	Кзыл-Орда	пустыня северная	970	0,10	очень сухая
Кыргызстан					
<i>Ошская</i>	Карасу-2	сероземный - светлые сероземы, серо-бурые	1000	0.10-0.15	сухая
<i>Джелалабадская</i>	Джелалабад	сероземный - типичные сероземы	1000-1100	0,20-0,25	сухая

1	2	3	4	5	6
Таджикистан					
<i>Хатлонская</i>	Курган-Тюбе	сероземный – светлые и типичные сероземы	1100	0,10	очень сухая
<i>Ленинабадская</i>	Кайракум	пустыня центральная	950-1000	0.10	очень сухая
Туркменистан					
<i>Дашховузская</i>	Дашховуз	пустыня центральная	1100	0,05-0,10	очень сухая
<i>Ахалская</i>	Теджен	пустыня южная и переходный к сероземному	1300	0.05-0,10	очень сухая
Узбекистан					
<i>Кашкадарьинская</i>	Мубарек	пустыня южная	1400-1500	<0,05	чрезвычайно сухая
	Карши	пустыня южная и переходный к сероземному	1200-1300	0,05	очень сухая
<i>Ферганская</i>	Фергана	пустыня центральная	950-1000	0,10	очень сухая

В пределах почвенно-климатических зон выделяют гидрогеологические области :

- Автоморфная - территория с глубиной грунтовых вод (ГВ) глубже 3-х метров. ГВ не оказывают влияния на почвообразование, увлажнение корнеобитаемого слоя и режим орошения;
- полугидроморфная - территория с глубиной залегания грунтовых вод от 2-х до 3-х метров. ГВ оказывают определенное влияние на почвообразование, умеренно подпитывают корнеобитаемый слой и влияют на режим орошения с-х культур;
- гидроморфная - территория с глубиной залегания грунтовых вод от 1 до 2-х метров. ГВ оказывают значительное влияние на почвообразование, интенсивно подпитывают корнеобитаемый слой и существенно влияют на режим орошения.

Почвенно-гидрогеологические (мелиоративные) области и подобласти выделяются в зависимости от условий питания и оттока грунтовых вод:

- область обеспеченного оттока грунтовых вод в условиях их глубокого залегания - область погружения (“а”);
- область интенсивного внешнего притока и затрудненного оттока грунтовых вод с устойчивым близким залеганием пресных (“б”) и минерализованных (“б₁”) грунтовых вод - область выклинивания (“б” и “б₁”);
- область затрудненного внешнего притока и оттока минерализованных грунтовых вод с неустойчивой глубиной залегания их и режимом, зависящими от местных условий - область рассеивания (“в”).

Основные мелиоративные мероприятия по областям должны быть направлены на поддержание оптимальных мелиоративных режимов, включающих предотвращение

процессов засоления и заболачивания, ирригационной эрозии почв, минимизацию непродуктивных потерь воды на фильтрацию и поверхностные сбросы и т.д.

Следующей таксономической единицей является гидромодульный район.

В границах почвенно-мелиоративных областей почвогрунты с идентичными водно-физическими свойствами, определяющими режим орошения и ординату гидромодуля, группируются в гидромодульные районы (ГМР). Отличительными признаками ГМР являются мощность мелкоземистого слоя, гранулометрический состав, строение и сложение почв и глубина залегания грунтовых вод, влияющие на капиллярный подток влаги в корнеобитаемую зону и запасы воды при предельно-полевой влагоемкости.

В государствах ЦАР гидромодульное районирование выполняется по Единой Шкале гидромодульных районов, принятой на региональном координационном совещании в Душанбе, 1991 г. (таблица 1.2).

ТАБЛИЦА 1.2

**Единая Шкала гидромодульных районов
для условий Средней Азии и Южного Казахстана**

Гидромод. район	Характеристика почвы
<u>Астмоморфные почвы (УГВ>3 м)</u>	
I ^a	Очень маломощные, сильнокаменистые разные по гранулометрическому составу
I	Маломощные (0,2-0,5 м) среднекаменистые различного гранулометрического состава на песчано-галечниковых отложениях и на гипсах, а также мощные песчаные
II	Среднемощные слабокаменистые разные по гранулометрическому составу на песчано-галечниковых отложениях и гипсах; мощные супесчаные и легкосуглинистые
III	Мощные средне, тяжелосуглинистые и глинистые
<u>Полугидроморфные почвы (УГВ 2-3 м)</u>	
IV	Мощные песчаные и супесчаные, а также мало- и среднемощные разного гранулометрического состава
V	Мощные легко- и среднесуглинистые однородные; тяжелосуглинистые, облегающиеся к низу
VI	Мощные тяжелосуглинистые и глинистые плотные, однородные; разные по гранулометрическому составу, слоистые по строению
<u>Гидроморфные (УГВ 1-2 м)</u>	
VII	Мощные песчаные и супесчаные, а также мало- и среднемощные разного гранулометрического состава
VIII	Мощные легко- и среднесуглинистые однородные; тяжелосуглинистые, облегающиеся к низу
IX	Мощные тяжелосуглинистые и глинистые плотные, однородные; разные по гранулометрическому составу, слоистые по строению

2. Коэффициенты водопотребления культур

Коэффициенты водопотребления культуры по ФАО представляют эталонную культуру. Эвапотранспирация (ЕТсгор) эталонной культуры определяется как водопотребление здоровой культуры, растущей на больших площадях, при оптимальных водо-почвенных условиях и с полным производственным потенциалом в данной среде. ЕТсгор отражает общее действие климата и характеристики культуры. Однако, в производственных условиях под влиянием ряда хозяйственно-мелиоративных факторов развитие культур заметно отличается от эталона, что приводит к фактической эвапотранспирации. (ЕТа.сгор \neq Етсгор). По этой причине, при расчете эвапотранспирации по программе CROPWAT рекомендованы местные коэффициенты культур, приближающие их водопотребность к фактически возможной в существующих природно-хозяйственных условиях (табл. 2.1)

ТАБЛИЦА 2.1

Местные коэффициенты водопотребности культур

Стадии развития культуры	Коэффициенты культур								
	хлопок тонков. среднев.		Люцер -на	куку- руза	оз. зер- новые	сады	вино- град	кукур. на силос	Рис
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КАЗАХСТАН									
<i>Юж.-Казахстанская область, м/с Ильич</i>									
I		0,30- 0,40	0,30- 0,40		0,25- 0,35			0,25- 0,35	
II		0,63	0,62		0,52			0,68	
III		0,96	0,95		0,86			1,05	
IV		0,76	0,85		0,61			0,69	
<i>Кзыл-Ординская область, м/с Кзыл-Орда</i>									
I			0,25- 0,35		0,25- 0,35				1,10
II			0,52		0,58				1,15
III			0,68		0,80				1,25
IV			0,53		0,26				0,95
КЫРГЫЗСТАН									
<i>Ошская область, м/с Карасу-2</i>									
I		0.40	0.35		0.52	0.45			
II		0.73	0.68		0.80	0.67			
III		1.05	1.02		1.15	0.91			
IV		0.68	0.92		0.10	0.62			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Джелалабадская область, м/с Джелалабад</i>									

I		0,30-0,40	0,30-0,40	0,25-0,35	0,30-0,40				
II		0,66	0,76	0,68	0,62				
III		1,02	1,02	0,95	0,97				
IV		0,78	0,78	0,61	0,24				
ТАДЖИКИСТАН									
<i>Ленинабадская область, м/с Кайракум</i>									
I		0,25-0,35	0,30-0,40		0,30-0,40	0,30-0,40			
II		0,56	0,62		0,68	0,47			
III		0,85	0,82		0,92	0,65			
IV		0,64	0,68		0,15	0,57			
<i>Хатлонская область, м/с Курган-Тюбе</i>									
I	0,30-0,40	0,30-0,40	0,30-0,40						0,15-0,25
II	0,68	0,65	0,66						0,60
III	1,12	1,05	1,05						0,98
IV	0,81	0,76	0,74						0,78
ТУРКМЕНИСТАН									
<i>Ахальская область, м/с Теджен</i>									
I		0,30-0,40	0,30-0,40		0,30-0,40				
II		0,56	0,55		0,53				
III		0,85	0,80		0,80				
IV		0,62	0,64		0,23				
<i>Дашховузская область, м/с Дашховуз</i>									
I		0,30-0,40	0,30-0,40		0,30-0,40				
II		0,62	0,54		0,63				
III		0,88	0,86		1,02				
IV		0,63	0,64		0,18				
УЗБЕКИСТАН									
<i>Кашкадарьинская область, м/с Мубарек</i>									
I		0,25-0,35	0,30-0,40		0,30-0,40				
II		0,56	0,62		0,68				
III		0,84	0,82		0,92				
IV		0,65	0,60		0,20				
1		2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Кашкадарьинская область, м/с Карши</i>									
I		0,25-	0,25-		0,30-				

		0,35	0,35		0,40				
II		0,56	0,58		0,60				
III		0,75	0,80		0,90				
IV		0,60	0,60		0,20				
<i>Ферганская область, м/с Фергана</i>									
I		0,30- 0,40	0,30- 0,40		0,30- 0,40	0,40- 0,50			
II		0,68	0,69		0,62	0,69			
III		1,00	1,01		0,94	0,94			
IV		0,80	0,75		0,20	0,60			

3. Оросительные нормы основных сельскохозяйственных культур

3.1. Вегетационный период

Оросительные нормы нетто-поле, обеспечивающие действительно возможную урожайность в конкретных климатических условиях, рассчитаны по гидромодульным районам и в среднем для территории конкурсных объектов. Методика расчета представлена в Приложении Б. В областях подверженности почв засолению для поддержания оптимального водно-солевого режима корнеобитаемого слоя величина оросительной нормы нетто-поле учитывает промывную составляющую. Доля участия грунтовых вод установлена в зависимости от расхода и минерализации собственно грунтовой воды, механического состава почв и стадии развития растений.

Средневзвешенные расчетные значения вегетационных оросительных норм основных сельскохозяйственных культур представлены в таблице 3.1. Оросительные нормы по гидромодульным районам приведены в приложении В.

ТАБЛИЦА 3.2

Средневзвешенные вегетационные оросительные нормы (нетто-поле)

Культура	Норма, м ³ /га	в том числе по месяцам:								
		март	апр.	май	июнь	июль	авг.	сент.	окт.	нояб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
КАЗАХСТАН										
<i>Южно-Казахстанская область, м/с Ильич</i>										
Хлопчатник	5372	-	14	331	1280	1735	1474	539	-	-
Люцерна	6785	-	-	1024	1611	1609	1397	947	197	-
Кукуруза (зерно)	4741	-	-	448	1458	1502	1185	147	-	-
Кукуруза (силос)	2970	-	-	-	103	767	1536	564	-	-
<i>Кзыл-Ординская область, м/с Кзыл-Орда</i>										
Люцерна	6388	-	244	1109	1428	1500	1330	776	-	-
Озимые зер.	2723	1038	1397	124	-	-	-	165	-	-
КЫРГЫЗСТАН										
<i>Ошская область, м/с Карасу-2</i>										
Хлопчатник	5857	-	19	263	1263	1865	1620	826	-	-
Люцерна	7402	-	190	1071	1705	1827	1578	1032	-	-
Озимые зер	2126	98	723	1058	175	-	-	-	-	-
Сады	6317	-	464	956	1487	1605	1347	458	-	-
<i>Джелалабадская область, м/с Джелалабад</i>										
Хлопчатник	5533	-	-	-	1084	2070	1773	605	-	-
Люцерна	7100	-	146	1603	2070	1780	636	-	-	-
Озимые зер.	1867	-	-	572	1235	61	-	-	-	-
Кукуруза (зерно)	5194	-	-	-	1358	1918	1580	338	-	-
ТАДЖИКИСТАН										
<i>Ленинабадская область, м/с Кайракум</i>										
Хлопчатник	6598	-	160	887	1930	2295	1327	-	-	-
Люцерна	7984	-	241	677	1727	2195	1944	1201	-	-
Озимые зер	2800	66	674	1482	333	-	-	-	210	34
Сады	7023	-	502	1030	1378	1678	1489	945	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ТАДЖИКИСТАН										
<i>Хатлонская область, м/с Курган-Тюбе</i>										
Хлопчатник	5880	-	3	522	1705	1967	1495	188	-	-

Хлопчатник (тонковол.)	6257	-	3	545	1814	2098	1593	200	-	-
Люцерна	7577	-	35	1161	1824	1909	1590	990	68	-
Кукуруза (силос)	3852	-	-	-	158	1357	1513	824	-	-
ТУРКМЕНИСТАН										
<i>Даишховузская область, м/с Даишховуз</i>										
Хлопчатник	5622	-	123	545	1377	1785	1417	375	-	-
Люцерна	6335	-	178	877	1515	1595	1320	798	52	-
Озимые зер.	2288	287	973	781	-	-	-	60	147	41
<i>Ахальская область, м/с Теджен</i>										
Хлопчатник	6727	-	162	773	1887	2200	1671	34	-	-
Люцерна	7647	-	212	1184	1745	1872	1555	998	80	-
Озимые зер.	2476	110	769	1219	95	-	-	-	226	57
УЗБЕКИСТАН										
<i>Каишкардарьинская область, м/с Мубарек</i>										
Хлопчатник	7016	-	108	780	2037	2555	1535	-	-	-
Люцерна	9472	-	154	1733	1969	2434	2032	1150	-	-
Озимые зер.	2779	191	850	1431	102	-	-	-	152	52
<i>Каишкардарьинская область, м/с Карши</i>										
Хлопчатник	6607	-	60	695	1969	2416	1467	-	-	-
Люцерна	8486	-	23	932	2119	2437	2010	964	-	-
Озимые зер.	2559	124	864	1319	14	-	-	-	238	-
<i>Ферганская область, м/с Фергана</i>										
Хлопчатник	5281	-	97	396	1290	1615	1337	547	-	-
Люцерна	6818	-	647	1170	1496	1575	1314	616	-	-
Озимые зер.	1696	87	697	819	4	-	-	23	67	-
Сады	4553	-	504	771	1021	1089	891	278	-	-

3.2. Неvegetационный период

Необходимость проведения ежегодных неvegetационных поливов для восполнения запасов влаги в почве к началу вегетации обусловлена почвенно-климатическими особенностями территории и спецификой возделывания растений.

Значения оросительных норм невегетационного периода определяются исходя из их целевого назначения, водно-физических свойств и солевого режима почв.

По целевому назначению невегетационные поливы подразделяются на *влагозарядковые, предпосевные, промывные*.

Влагозарядковые поливы предназначены для обеспечения оптимальных влагозапасов в почве в начале вегетации. Они проводятся ранней весной для однолетних культур (хлопчатник, кукуруза) или поздней осенью для многолетних (сады, люцерна). В условиях подверженности почв засолению влагозарядковые поливы сочетаются с *промывными* профилактическими, при этом, норму увеличивают в среднем на 30%. На засоленных почвах (начиная со средней степени засоления) для удаления избыточного количества солей из корнеобитаемого слоя проводят капитальные промывки.

Предпосевные поливы способствуют созданию оптимального увлажнения к моменту всходов (озимые зерноколосовые) и проводятся осенью в сентябре - октябре месяце перед началом сева; для летнего сева кукурузы на силос предпосевной полив дают в конце июня..

В Приложении Б.2 приведены ориентировочные значения влагозарядковых поливов и капитальных промывок. Средневзвешенные расчетные значения невегетационных оросительных норм с учетом почвенно-мелиоративных условий по конкурсным областям представлены в таблице 3.2.

ТАБЛИЦА 3.2

**Осредненные величины оросительных норм «нетто-поле»
невегетационного периода**

а) Влагозарядковые и промывные поливы

Культура	Норма, м ³ /га	в том числе по месяцам, %:				
		февраль	март	апрель	ноябрь	декабрь
1	2	3	5	7	9	11
КАЗАХСТАН						
<i>Южно-Казахстанская область, м/с Ильич</i>						
Хлопчатник	2700	10	55	35	-	-
Люцерна	2600	-	-	-	75	25
Кукуруза (зерно)	2700	10	55	35	-	-
<i>Кзыл-Ординская область, м/с Кзыл-Орда</i>						
Люцерна	2600	-	-	-	45	55
КЫРГЫЗСТАН						
<i>Ошская область, м/с Карасу-2</i>						
Хлопчатник	0					
Люцерна	900	-	-	-	55	45
Сады	900	-	-	-	55	45
1	2	3	4	5	6	7
<i>Джелалабадская область, м/с Джелалабад</i>						
Хлопчатник	0					
Люцерна	900	-	-	-	55	45
Кукуруза (зерно)	0					
ТАДЖИКИСТАН						

Ленинабадская область, м/с Кайракум						
Хлопчатник	1500	55	45	-	-	-
Люцерна	1000	-	-	-	55	45
Сады	1000	-	-	-	55	45
ТАДЖИКИСТАН						
Хатлонская область, м/с Курган-Тюбе						
Хлопчатник	1000	65	35	-	-	-
Хлопчатник (тонковол.)	1000	65	35	-	-	-
Люцерна	1000	-	-	-	45	55
ТУРКМЕНИСТАН						
Дашиховузская область, м/с Дашиховуз						
Хлопчатник	2750	25	55	20	-	-
Люцерна	2600	-	-	-	75	25
Ахальская область, м/с Теджен						
Хлопчатник	2400	60	40	-	-	-
Люцерна	2300	-	-	-	35	65
УЗБЕКИСТАН						
Кашкадарьинская область, м/с Мубарек						
Хлопчатник	2570	55	45	-	-	-
Люцерна	2400	-	-	-	45	55
Кашкадарьинская область, м/с Карши						
Хлопчатник	2100	65	35	-	-	-
Люцерна	2000	-	-	-	45	55
Ферганская область, м/с Фергана						
Хлопчатник	2470	40	60-	-	-	-
Люцерна	2100	-	-	-	55	45
Сады	2100	-	-	-	55	45

б) предпосевные поливы

Культура	Норма, м ³ /га	в том числе по месяцам, %:		
		июнь	сентябрь	октябрь
1	2	3	4	5
КАЗАХСТАН				
Южно-Казахстанская область, м/с Ильич				
Кукур.на силос	900	100	-	-
Кзыл-Ординская область, м/с кзыл-Орда				
Озимые зерновые	1100	-	100	-
КЫРГЫЗСТАН				
Ошская область, м/с Карасу-2				
Озимые зерновые	800	-	100	-
1	2	3	4	5
ТАДЖИКИСТАН				
Ленинабадская область, м/с Кайракум				
Озимые зерновые	1000	-	100	-
Хатлонская область, м/с Курган-Тюбе				

Кукур.на силос	900	100	-	-
ТУРКМЕНИСТАН				
<i>Дашховузская область, м/с Дашховуз</i>				
Озимые зерновые	900	-	100	
<i>Ахальская область, м/с Теджен</i>				
Озимые зерновые	1100	-	60	40
УЗБЕКИСТАН				
<i>Кашкадарьинская область, м/с Мубарек</i>				
Озимые зерновые	1100	-	80	20
<i>Кашкадарьинская область, м/с Карши</i>				
Озимые зерновые	1000	-	90	10
<i>Ферганская область, м/с Фергана</i>				
Озимые зерновые	900	-	100	-

3.3 Оросительные нормы риса.

Для Кзыл-Ординской области нормы водопотребности риса выполнены по Рекомендациям «Оросительные нормы сельскохозяйственных культур в Казахстане» (КазНИИВХ), 1989 г. с использованием методики В.Б. Зайцева.

Оросительная норма риса, согласно схемы В.Б.Зайцева, определяется по следующему выражению:

$$I_{r,Req} = (ET_{crop} - Eff.Rain) + (W + F_b + F_o) + S, \quad (3.1)$$

где: W - насыщение почвогрунта; F_b - вертикальная фильтрация; F_o - фильтрационный отток; S - поверхностный сброс.

Оросительная норма риса и ее внутригодовое распределение для условий Кзыл-Ординской области, с учетом технологии возделывания, приведены в табл. 3.3.-3.4.

ТАБЛИЦА 3.3.

Оросительная норма риса и ее составляющие

Составляющие нормы риса	Значения, м ³ /га
эвапотранспирация	15430
объем воды, идущий на первоначальное	4000

насыщение почвогрунта	
потери на фильтрацию	3530
поверхностные сбросы	6010
эффективные осадки	470
Оросительная норма	28500

ТАБЛИЦА 3.4

Распределение оросительной нормы по месяцам

Норма,	в т. ч. по месяцам				
	IV	V	VI	VII	VIII
28500 м ³ /га	8265	5985	5415	5415	3420
%	29	21	19	19	12

4. Оросительные нормы сельскохозяйственных культур при различных уровнях водообеспеченности.

В существующих условиях дефицита водных ресурсов отдельные регионы имеют низкую водообеспеченность, что вызывает водный стресс растений и недобор урожая.

Для расчета норм при различном уровне водообеспеченности установлены корректирующие коэффициенты к вегетационной оросительной норме, обеспечивающей действительно возможную урожайность в данных климатических условиях. Аналогично корректируются нормы и по гидромодульным районам (Приложение В).

ТАБЛИЦА 4.1

Значения корректирующих коэффициентов

Культура	Норма, соответствующая действительно возможной урожайности	Коэффициент по уровням водообеспеченности	
		100%	75%
1	2	3	4
КАЗАХСТАН			
<i>Южно-Казахстанская область, м/с Ильич</i>			
Хлопчатник	5372	0,87	0,79
Люцерна	6785	0,88	0,81
Кукуруза (зерно)	4741	0,88	0,77
Кукуруза (силос)	2970	0,86	0,76
<i>Кзыл-Ординская область, м/с Кзыл-Орда</i>			
Люцерна	6388	0,88	0,81
Озимые зерновые	2723	0,81	0,69
КЫРГЫЗСТАН			
<i>Ошская область, м/с Карасу-2</i>			
Хлопчатник	5857	0,86	0,76
Люцерна	7402	0,88	0,80
Озимые зерновые	2126	0,81	0,71
Сады	6317	1,15	0,77
<i>Джелалабадская область, м/с Джелалабад</i>			
Хлопчатник	5533	0,84	0,74
Люцерна	7100	0,88	0,76
Озимые зерновые	1867	0,76	0,61
Кукуруза (зерно)	5194	0,83	0,74

1	2	3	4
ТАДЖИКИСТАН			
<i>Ленинабадская область, м/с Кайракум</i>			
Хлопчатник	6598	0,87	0,79
Люцерна	7984	0,88	0,81
Озимые зер	2800	0,81	0,69

Сады	7023	0,87	0,77
<i>Хатлонская область, м/с Курган-Тюбе</i>			
Хлопчатник	5880	0,87	0,79
Хлопчатник(тонковол.)	6257	0,87	0,79
Люцерна	7577	0,88	0,81
Кукуруза (силос)	3852	0,86	0,76
ТУРКМЕНИСТАН			
<i>Дашховузская область, м/с Дашховуз</i>			
Хлопчатник	5622	0,87	0,79
Люцерна	6335	0,88	0,81
Озимые зеровые	2288	0,81	0,69
<i>Ахальская область, м/с Теджен</i>			
Хлопчатник	6727	0,87	0,79
Люцерна	7647	0,88	0,81
Озимые зеровые	2476	0,81	0,69
УЗБЕКИСТАН			
<i>Кашкадарьинская область, м/с Мубарек</i>			
Хлопчатник	7016	0,85	0,77
Люцерна	9472	0,86	0,79
Озимые зерновые	2779	0,79	0,66
<i>Кашкадарьинская область, м/с Карши</i>			
Хлопчатник	6607	0,87	0,79
Люцерна	8486	0,88	0,81
Озимые зерновые	2559	0,81	0,69
<i>Ферганская область, м/с Фергана</i>			
Хлопчатник	5281	0,87	0,79
Люцерна	6818	0,88	0,81
Озимые зерновые	1696	0,81	0,69
Сады	4553	0,87	0,77

5. Рекомендации по оценке влияния совокупности факторов на уровень урожайности основных культур

5.1 Факторы влияния на урожай

Урожайность сельскохозяйственных культур зависит от множества факторов окружающей среды: чем выше их соответствие биологическим требованиям культур, тем

выше урожайность. При полном соответствии требований культуры и условий среды обитания достигается биологически возможная (потенциальная) урожайность.

Факторы, влияющие на урожайность, можно сгруппировать следующим образом:

- тип, структура и агрохимия почв, засоленность почв и токсичность солей, плодородие почв, уровень и минерализация грунтовых вод и т.д.
- уровень системы земледелия - агротехника, удобрения, севообороты; эффективность орошения, техники полива и промывки.
- климат и его сезонные изменения, влагообеспеченность.
- уровень водообеспеченности и качество оросительной воды.
- социально-экономические факторы и другие аспекты управления.

В настоящих рекомендациях сосредоточено внимание на определении влияния засоления почв, уровня и минерализации грунтовых вод, водообеспеченности на урожайность культур. Воздействие других факторов, насколько возможно, исключается.

Эксперименты и исследования

Эксперименты, осуществляемые в Узбекистане и других государствах, можно кратко описать следующим образом:

- **Зависимость между засолением почв и урожайностью культур.** В таблице 5.1 представлено относительное снижение урожая основных сельскохозяйственных культур, обусловленное различным содержанием солей в почве (по материалам В.А.Ковды).

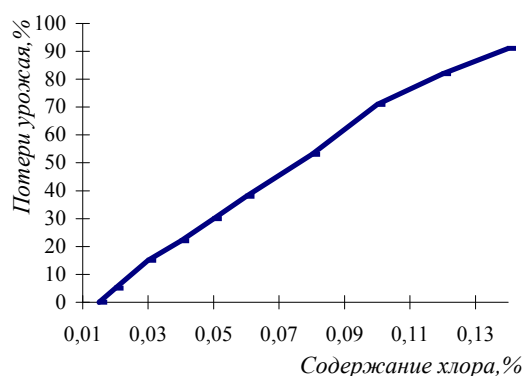
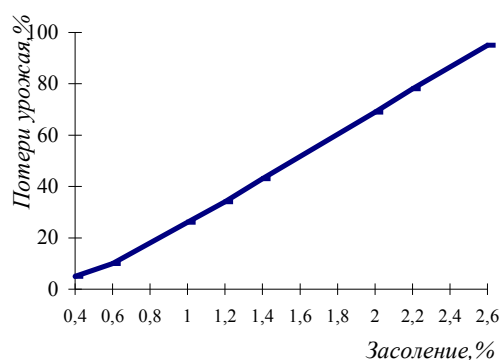
Снижение урожайности от засоления

ТАБЛИЦА 5.1

Культура	Уменьшение урожая					
	на 10 %		на 25 %		на 50 %	
	Электропров. вытяжки, мом/см Ес*10 ³	Сумма токсичны х солей, %	Электропров. вытяжки, мом/смЕс*10 ³	Сумма токсичны х солей, %	Электропров. вытяжки, мом/смЕс*10 ³	Сумма токсичны х солей, %
Хлопчатник	10	0.44	12	0.50	16	0.65
Люцерна	3	0.10	5	0.20	8	0.36
Кукуруза	5	0.20	6	0.26	7	0.32
Пшеница	7	0.32	10	0.44	14	0.55
Рис	5	0.20	6	0.26	8	0.36

Источник: Пособие к ВСН «Почвенные изыскания для мелиоративного строительства», М.,1985г.

Графическое выражение зависимости между урожайностью культур, степенью засоления почв и концентрацией почвенного раствора представлена на рис. 5.1-5.3. Урожай хлопчатника начинает снижаться при минерализации почвенного раствора около 5-6 г/л. При минерализации около 24 г/л потери урожая достигают 90%.



а) по плотному остатку

б) по содержанию хлора

Рис. 5.1. Зависимость урожайности хлопка-сырца от засоления

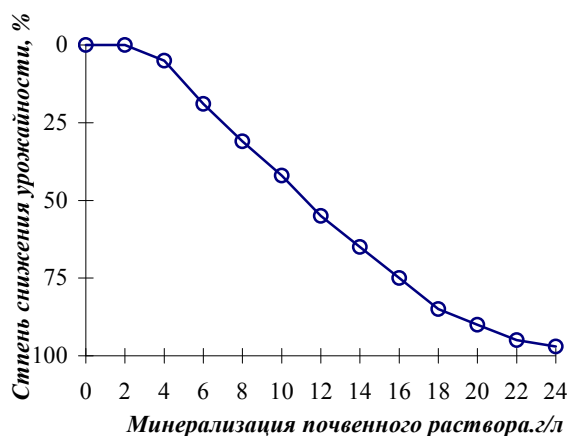
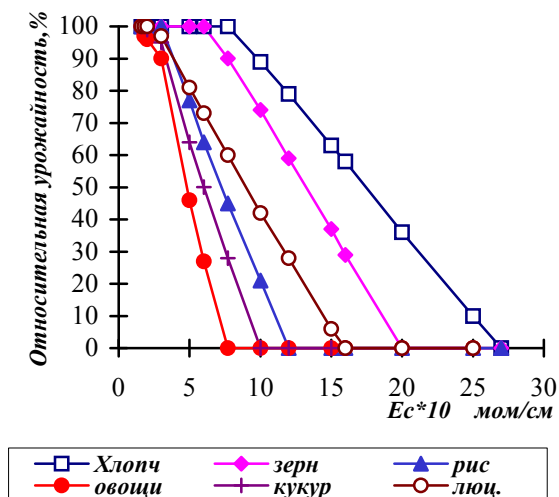


Рис. 5.2. Зависимость относительной урожайности от $Ес \cdot 10^3$ мом/см (Ландон, 1984г, ФАО,1992г) .

Рис. 5.3. Относительное снижение урожайности при различных концентрациях почвенного раствора (Рыжов , Ковда, Рабочев, Минашина, Строганов, Морозов, Усманов, международное руководство)

- **Влияние качества оросительной воды на урожайность хлопчатника и других культур.**

Качество оросительной воды оценивается с точки зрения агрономических требований: обеспечение высокой урожайности культур, сохранение качества продукции и сохранение (или повышение) плодородия почв. На основе экспериментальных исследований лаборатории засоленных почв США установлена связь между минерализацией вытяжки

из паст растений и минерализацией почвенного раствора при влажности, соответствующей ППВ. Относительная продуктивность основных культур при повышении концентрации солей в почве по данным советских и зарубежных специалистов представлены в таблице 5.2.

ТАБЛИЦА 5.2

Относительная продуктивность культур при повышении концентрации солей в почве (концентрация выражена через электрическую проводимость вытяжек из насыщенной почвы ЕСе (Carter, 1981).

Культура	Относительная продуктивность (%) при выбранных значениях ЕСе, мОм/см											Снижение продукт., % на:	Предел засоления	
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24		1мОм/см	мОм/см
Хлопчат.	100	100	98	88	78	67	57	47	36	26	16	5,2	7,7	6,2
Пшеница	100	100	100	86	71	57	43	29	14			7,1	6,0	4,8

Культура	Относительная продуктивность (%) при выбранных значениях ЕСе, мОм/см								Снижение продукт., % на:	Предел засоления	
	1	3	5	7	9	11	13	1мОм/см		мОм/см	г/л
Люцерна	100	93	78	64	49	34	20	7,3	2,0	1,3	
Кукуруза	100	84	60	36	12			12,0	1,7	1,1	

Источник :»Экологические требования к качественному составу оросительных вод...» Министерство сельского и водного хозяйства Российской Федерации.

Рисунок 5.4. иллюстрирует зависимость урожайности хлопчатника от минерализации оросительной воды (по материалам А.Усманова).

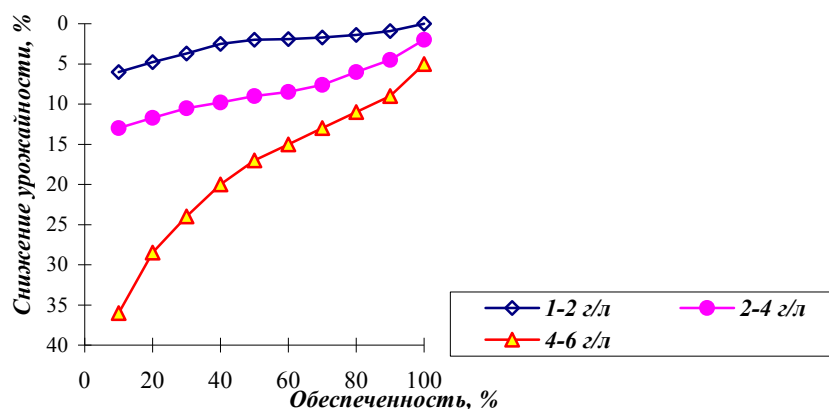


Рис. 5.4. Обеспеченность относительного снижения урожайности хлопчатника в зависимости от минерализации оросительной воды (А. Усманов).

При повышении минерализации поливной воды отмечается тенденция резкого снижения урожайности при 4-6 г/л - урожайность падает на 18-20 % в год 50 % обеспеченности.

Влияние минерализации воды на урожай риса и кормовых культур (суданская трава, кукуруза, сорго, ячмень, люцерна) представлена на рисунку 5.5-5.6.

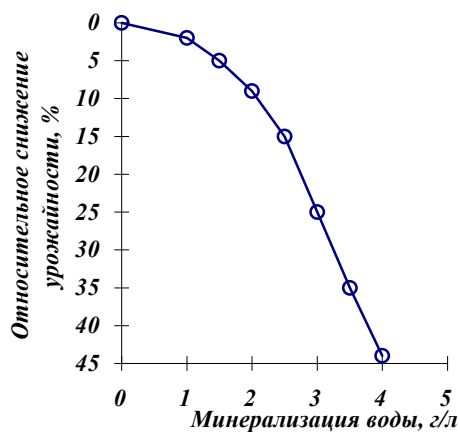


Рис. 5.5. Снижение урожайности риса при поливе минерализованной водой (И.Рабочев, Г.Рау).

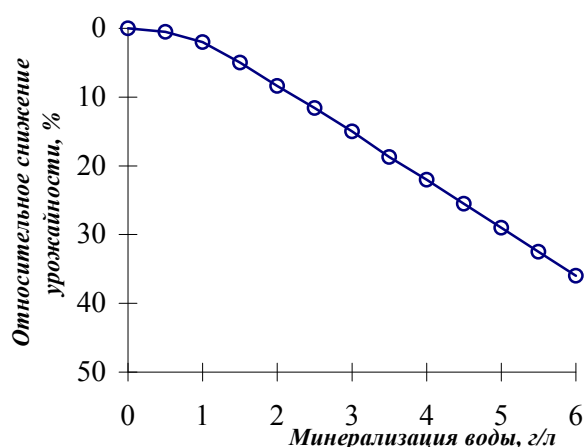


Рис. 5.6. Снижение урожайности кормовых культур при поливе минерализованной водой (Рабочев, Заманмурад, Ибрагимов, Рау, Джумабеков).

Отрицательное влияние минерализации воды на уровень урожайности риса начинается при 1.5 г/л, для кормовых культур - с 0.5 -0.7 г/л, т.е. рис более солеустойчивая культура.

- Влияние уровня грунтовых вод на урожайность культур приведено на рис. 5.7-5.8.

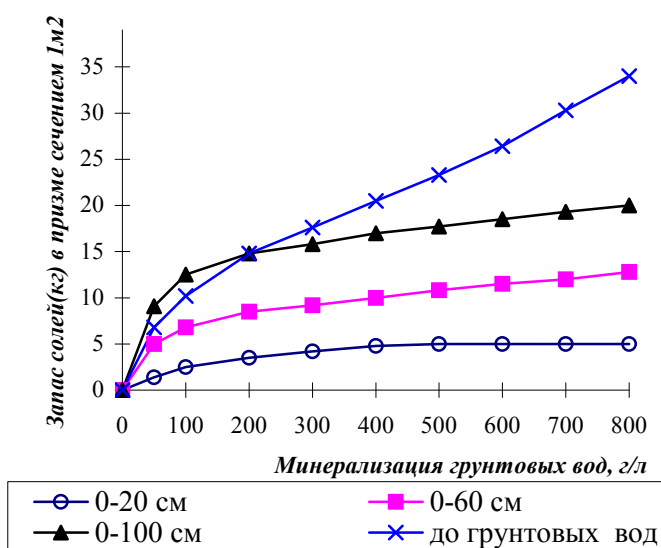


Рис. 5.7. Зависимость соленакопления в почве от минерализации грунтовых вод (В.Ковда).

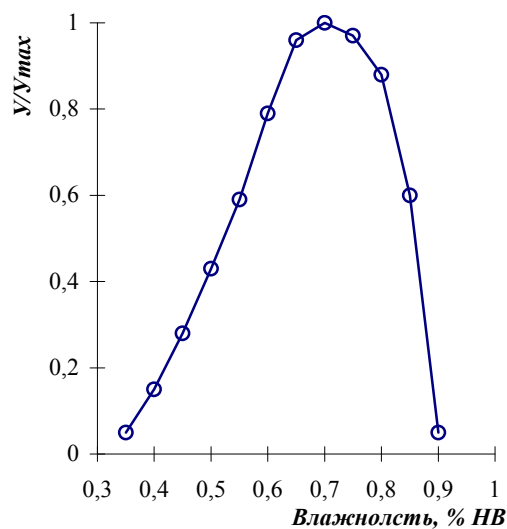


Рис. 5.8. Характерный вид зависимости относительной урожайности культур от средней влажности почвы.

5.2 Зависимость урожайности от водообеспеченности.

Научно-исследовательскими организациями региона разработан ряд методов, определения ущерба урожая от влияния ряда неблагоприятных факторов среды.

КыргНИИ ирригации предлагает прогноз водопотребления сельскохозяйственных культур в конкретных климатических условиях на базе функциональной связи водопотребления с различными метеорологическими показателями. (Методика прогноза дана в Приложении Г.4).

Общий вид уравнения связи водопотребления и метеофакторов следующий:

$$E = \delta_n \cdot H_{тп}$$

где: δ_n - биоклиматический коэффициент (модуль испарения), соответствующий принятому гидротермическому показателю и планируемой величине урожая продукции; $H_{тп}$ - показатель гидротермических условий: сумма температур воздуха ($\sum t^\circ C$) или его дефицитов влажности ($\sum \delta$), испаряемость (E_o) за вегетацию рассматриваемой культуры.

На основании обработки и анализа большого количества опытных данных по влиянию влагообеспеченности на величину урожая получены кривые зависимости (рис.5.9).

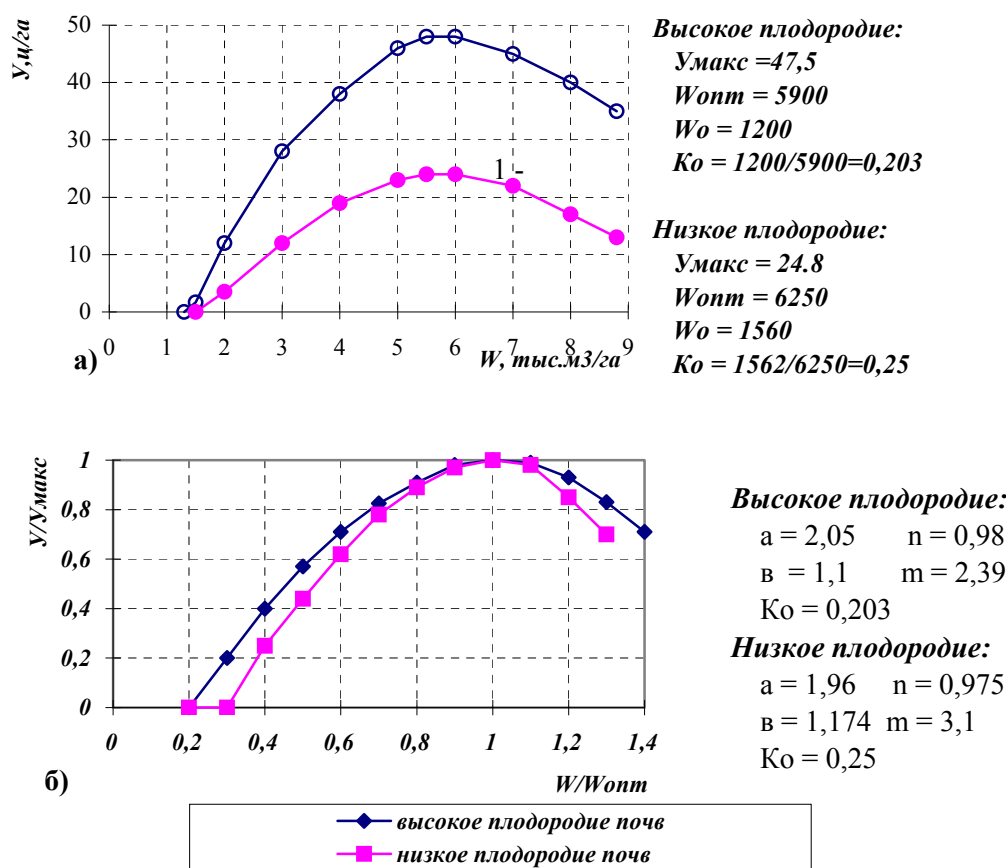


Рис. 5.9. Пример зависимости урожая яровой пшеницы от влагообеспеченности на участках с разным уровнем плодородия. а) - в абсолютных единицах, б) - в относительных единицах (Г.И.Горбачева).

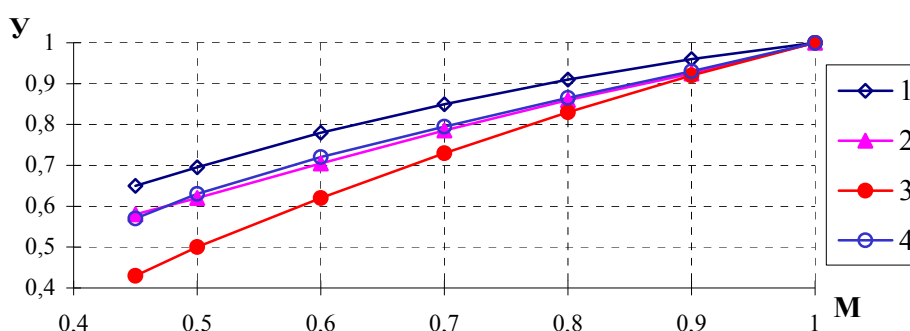
Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства (Р.А.Кван и др.) предлагает методику корректировки оптимальных оросительных норм в условиях дефицита водных ресурсов, пользуясь эмпирической зависимостью “урожай - влагообеспеченность”:

$$y = 1 + C \ln M_1$$

где: y - относительная урожайность, отношение фактической (планируемой) урожайности и биологически оптимальной; M_1 - относительная оросительная норма, отношение фактической оросительной нормы и биологически оптимальной; C - параметр, изменяющийся по природно-климатическим зонам в зависимости от их увлажненности.

Уравнение справедливо при $0,5 < M < 1,0$. При этом, отдача орошаемых земель не должна быть ниже 90% от гарантированной (СНиП 2.06.03.85).

Приведенное семейство кривых для различных природно-климатических зон (рис. 5.10) позволяет находить величину снижения оросительной нормы в зависимости от предполагаемых потерь урожая. Снижение оросительной нормы в каждом конкретном случае должно быть строго обосновано с учетом прогнозируемой водности расчетного года. Конкретный пример корректировки оросительных норм рассматривается ниже.



Номера кривых	Кэф. увлаж.	Природные зоны
1	0,3-0,2	Полупустыня
2	0,2-0,05	Пустыня северная
3	0,05-0,2	Пустыня южная
4	0,20-0,3	Предгорная полупустыня

Рис.5.10. Графики связи урожая и оросительной нормы

Условия примера: природная зона - предгорная полупустыня, коэффициент увлажненности $K=0,20$.

Обращаясь к соответствующей кривой (рис. 5.9) и предполагая, что потери урожая не должны быть ниже 5% находим величину ущемления оросительной нормы 8%. Например, для многолетних трав при уровне водопотребления $\Pi = 95\%$ это будет соответствовать:

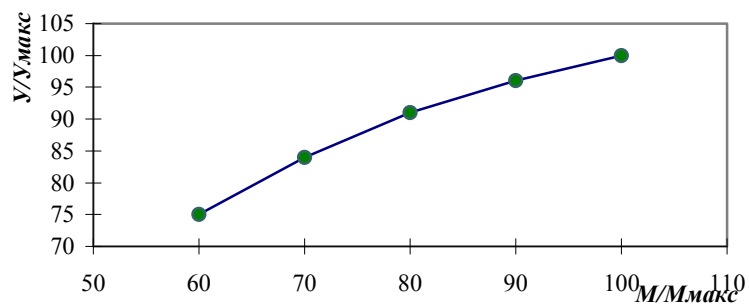
- полная оросительная норма - 865 мм;
- ущемленная оросительная норма - 800 мм

Выбор оросительных норм при дефиците водных ресурсов (оптимальных или рассчитанных для этих условий) следует приводить на основе технико-экономического расчета.

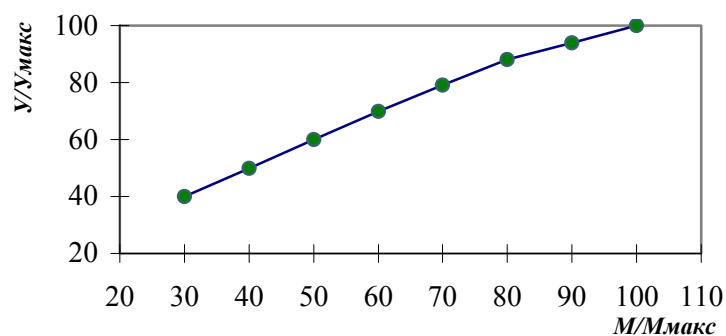
В институте Средазгипроводхлопок (Узгиромелиоводхоз) на основе обработки опытных данных научно-исследовательских организаций ЦАР получены зависимости между урожайностью хлопчатника, люцерны и кукурузы и водообеспеченностью, позволяющие

определить ущерб урожаю от недоподачи воды. Зависимости представлены на рис. 5.11 и описываются уравнениями связи:

- для хлопчатника: $Y/Y_{\max} = -0.002 \cdot (M/M_{\max})^2 + 0,115 \cdot M/M_{\max} + 64,96$:



- для кукурузы : $Y/Y_{\max} = -0.025 \cdot (M/M_{\max})^2 + 5,134 \cdot M/M_{\max} - 169,75$



- для люцерны: $Y/Y_{\max} = -0.0055 \cdot (M/M_{\max})^2 + 1,57 \cdot M/M_{\max} - 2,59$

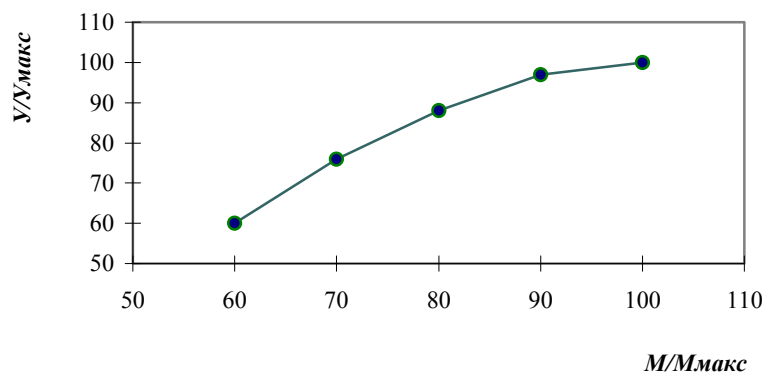


Рис. 5.11. Зависимость урожайности от водообеспеченности

ПРИЛОЖЕНИЯ

**ПРИЛОЖЕНИЕ А. ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКОЕ И ГИДРОМОДУЛЬНОЕ
РАЙОНИРОВАНИЕ КОНКУРСНЫХ ОБЛАСТЕЙ**

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОРОСИТЕЛЬНЫХ НОРМ

Б.1. Вегетационный период

Б.2. Невегетационный период

**ПРИЛОЖЕНИЕ В. РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ НОРМ ЗА ВЕГЕТАЦИЮ
ПО ГИДРОМОДУЛЬНЫМ РАЙОНАМ**

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. ВЗАИМОСВЯЗЬ: ПОЧВА, ВОДА - УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР

Г.1. Зависимость урожайности культуры от засоления почв

**Г.2. Взаимосвязь между уровнем грунтовых вод и урожайностью
культур**

Г.3. Взаимосвязь урожайности культур и качества воды

Г.4. Долгосрочный прогноз водопотребления культур

ПРИЛОЖЕНИЕ А

А. ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКОЕ И ГИДРОМОДУЛЬНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ КОНКУРСНЫХ ОБЛАСТЕЙ

Территории Центрально-Азиатских государств подразделены на зоны с идентичными или близкими климатическими показателями. Специфика почвенно-климатического районирования, применяемого в республиках ЦАР, представлена в таблицах А.1-А.5.:

- агроклиматические зоны увлажнения (Казахстан) (табл.А.1).
- агроклиматические зоны (АКЗ) (Кыргызстан табл.А.2, Таджикистан А.3),
- почвенно-климатические подзоны (Туркменистан) (табл.А.4),

-почвенно-климатические широтные и высотно-поясные зоны (Узбекистан) (табл.А.5),

Таблица А.1

Агроклиматические зоны увлажненности Республики Казахстан

Природные зоны	Типы почв	Зона увлажненности	Коэффициент увлажнения, Ку
Лесостепь	Выщелоченные черноземы, обыкновенные черноземы	умеренно засушливая	<0,5
Степь	Юж. черноземы, темно-каштан., типичнокаштан.	засушливая	0,5-0,3
Полупустыня	Светло-каштановые.	сухая	0,3-0,2
Пустыня северная и юж.	Бурые, серо-бурые, светлые сероземы	очень сухая	0,2-0,1, <0,1
Предгорные полупустыни	Сероземы, темные сероземы	сухая предгорная	0,2-0,3
Предгорные степи	темно-каштановые	засушливая горная	0,3-0,5
Горные степи и леса	горные типы почв	умеренно засушливая и влажная горная	>0,5

Таблица А.2

Агроклиматические зоны Республики Кыргызстан

Тип почв	Индекс	Дефицит испаряемости	Коэф. увлаж. Ку	Регион
1	2	3	4	5
Светлые сероземы, серо-бурые	ЮА	1400-1500	0,08-0,1	Южный-Ошская
Светлые сероземы, сероземы типичные	ЮБ	1300-1400	0,08-0,1	Джалал-Абадская
сероземы типичные	ЮВ	1200-1300	0,1-0,15	
сероземы типичные	ЮГ	1100-1200	0,15-0,20	
типичные и темные сероземы, серо-корич.	ЮД	1000-1100	0,20-0,25	
1	2	3	4	5
Горные светло-корич., темно-бурые орех. лесов	ЮЕ	900-1000	0,25-0,30	Северный, Чуйская и
горные светло-корич., светло-каштан.	ЮЖ	800-900	0,30-0,35	
Горные темно-коричневые, горные степ., горно-лесные, темно-каштановые	ЮЗ	500-600	0,35-0,40	
горно- луговые, бурые субальпийские	ЮИ	400-500	0,40-0,50	
сероземы светлые	СД	800-900	0,10-0,15	
сероземы луговые	СЕ	700-800	0,15-0,20	

сероземы темные, светло-каштановые	СЖ	600-700	0,20-0,25	Таласская области
светло-каштановые	СЗ	500-600	0,25-0,30	
темно-каштановые	СИ	400-500	0,30-0,35	

Таблица А.3.

Агроклиматические зоны Таджикистана

АКЗ	Дефицит мм	Степень обеспечен. теплом	Продолжит. безморозног о периода	Административный район
<i>Ленинабадская природно-хозяйственная область</i>				
III	1212-1019	жаркая	214-232	Ашский, Исфаринский, Канибадамский, Ходжентский, Зафарабадский
IV	927-815	жаркая	212	Матчинский, Науский, Джабор - Расуловский
III	1098-997	жаркая	200-210	Ура-Тюбинский, Ганчинский, Пенджикентский, Айнинский.
<i>Гиссарская природно-хозяйственная область</i>				
IV	1040-801	жаркая	225-240	Турсунзадевский, Гиссарский, Ленинский, Кофарнихонский
<i>Вахшская природно-хозяйственная область</i>				
I	1579-1491	знойная	240-253	Шаартузский, Кабодиенский, Кумсангирский
II	1375-1203	очень жаркая	230-256	Пянджский, Джиликульский, Колхозабадский, Яванский
III	1051	очень жаркая	246	Вахшский, Бохтарский, Гозималикский, Ходжамастонский
<i>Кулябская природно-хозяйственная область</i>				
III	1248-936	жаркая	220-260	Пархарский, Московский, Восейский, Кулябский, Советский, Дангаринский
V	685-537	прохладная	191-226	Ховалингский, Муминабадский

Таблица А.4

Почвенно-климатические подзоны Туркменистана

Почвенно-климатическая подзона.	Дефицит, мм	Административный велаят
Юго-Западная (Кизил-Арват)-	953	Балканский
Прикопетдагская	918	Ахальский
Мургабо-Тедженская	1013	Марыйский и Тедженский оазис
Среднеамударьинская	914	Лебапский

Нижнеамударьинская	899	Дашховузский
--------------------	-----	--------------

Таблица А.5

Почвенно-климатическое районирование Узбекистана

Широтная зона	Высотный пояс	Тип почвообразования	Обозначение	Коэффициент увлажнения	Зона увлажнения
Северная	пустыня	пустынный	С-I-A С-II-A	0,05-0,10	Очень сухая
Центральная	-''-	-''-	Ц-I-A Ц-II-A	0,05-0,10	Очень сухая
Центральная	Эфемеро- вая степь	сероземный - светлые сероземы	Ц-I-B Ц-II-B	0,10-0,20	Очень сухая
Центральная	-''-	сероземный - типичные сероземы	Ц-I-B Ц-II-B	0,20-0,25	сухая
Центральная	Разнотрав- ная степь	сероземный - темные сероземный	Ц-I-Г Ц-II-Г	0,25-0,30	сухая
Южная	пустыня	пустынный	Ю-I-A Ю-II-A	0,05-0,10	Очень сухая
Южная	эфемеро- вая степь	сероземный светлые се- роземы	Ю-I-B Ю-II-B	0.10-0.20	Очень сухая
Южная	эфемеро- вая степь	сероземный - типичные сероземы	Ю-I-B Ю-II-B	0.20-0.25	сухая
Южная	разно- травная степь	сероземный темные сероземы	Ю-I-Г Ю-II-Г	0.25-0.30	сухая

Гидромодульное районирование в республиках ЦАР выполняется по единой шкале, включающей 9 гидромодульных районов (табл. 5.1). В Туркменистане, в отличие от других государств, используется шкала из 6 гидромодульных районов (табл. А.6).

Таблица А.6

Характеристика гидромодульных районов Туркменистана

Гидромод. район	Характеристика почвы
--------------------	----------------------

	<u>Аэтоморфные почвы (УГВ>3 м)</u>
I ^a	Очень маломощные (0-0,2м) разные по механическому составу, маломощные (0,2-0,5 м) суглинистые и глинистые грунты на песчано-галечниковых и мощных песчаных отложениях .
I	Среднемощные (0,3-1,0м) суглинистые и глинистые грунты на песчано-галечниковых, мощных супесчаных и легкосуглинистых отложениях
II	Мощные (1 м и более) средне, тяжелосуглинистые и глинистые , разные по механическому составу и слоистые грунты.
	<u>Полугидроморфные почвы (УГВ 2-3 м)</u>
III	Песчаные, супесчаные, легкосуглинистые, а также мало- и среднемощные (0,2-0,5 и 0,5-1,0 м) суглинистые и глинистые грунты.
IV	Мощные (1,0м и более) средне- и тяжелосуглинистые, разные по механическому составу и слоистые грунты.
	<u>Гидроморфные (УГВ 1-2 м)</u>
V	Песчаные, супесчаные, легкосуглинистые, а также мало- и среднемощные (0,2-0,5 и 0,5-1,0 м) суглинистые и глинистые грунты.
VI	Мощные (1,0м и более) средне- и тяжелосуглинистые, разные по механическому составу и слоистые грунты.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Б. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОРОСИТЕЛЬНЫХ НОРМ

Б.1. Вегетационный период

Потребность в воде для каждой сельскохозяйственной культуры соответствует интенсивности эвапотранспирации в конкретных почвенно-климатических условиях и приходу естественной влаги. То есть, основу формулы расчета биологически оптимальной оросительной нормы (**Ir,Req(b)**) составляет общеизвестное водно-балансовое уравнение:

$$\mathbf{Ir,Req(b) = ET_{crop} - (Eff.Rain + Gr + W_n)} \quad \mathbf{(B.1)}$$

В состав переменных входят: суммарное испарение (эвапотранспирация) растений (**ETcrop**), эффективные осадки (**Eff.Rain**) за вегетационный период, подпитывание корнеобитаемого слоя почвы грунтовыми водами (**G_r**) и активные влагозапасы в почве на начало расчетного периода (**W_n**).

С учетом почвенно-мелиоративных условий для территорий подверженности почв засолению добавляется промывная составляющая **L_r**. Тогда формула нормы «нетто-поле» принимает вид:

$$I_{r,Req} = ET_{crop} - (Eff.Rain + G_r + W_n) + L_r \quad (Б.2)$$

Эвапотранспирация культуры, ET_{crop}

Суммарное испарение (эвапотранспирация) сельхозкультуры определяется по следующему выражению:

$$ET_{crop} = K_0 K_c ET \quad (Б.3)$$

где: ET - потенциальная эвапотранспирация, K_c- коэффициент культуры, K₀ - микроклиматический коэффициент,

K_cET - эвапотранспирация культуры получена по программе CROPWAT (Пенмана-Монтейта) с применением местных коэффициентов водопотребления культуры.

Микроклиматический коэффициент, K₀

Микроклиматический коэффициент K₀, характеризующий возможное изменение микроклимата на сельскохозяйственном поле под влиянием орошения (снижение температуры воздуха и скорости ветра, повышение влажности воздуха) носит зональный характер и зависит от обеспеченности региона теплом и влагой; в течение вегетации изменяется в пределах 1,0 - 0,75.

Значения микроклиматического коэффициента для различных природно-климатических условий региона приведены табл.Б.1.

Таблица Б.1
Микроклиматический коэффициент (K₀) по зонам увлажнения

Коэффициент природного увлажнения, K ₀	Природные зоны	Месяцы							
		III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
0,05-0,1	Пустыня	0,95	0,09	0,80	0,75	0,75	0,75	0,80	0,05
0,10-0,15	Полупустыня	0,975	0,915	0,82	0,78	0,775	0,775	0,80	0,84
0,15-0,20	Эфемеровые степи	1,00	0,93	0,84	0,81	0,80	0,80	0,80	0,84
0,20-0,25	Эфемеровые степи	1,00	0,945	0,85	0,83	0,815	0,81	0,815	0,87

0,25-0,30	Разнотравные степи	1,00	0,96	0,86	0,85	0,83	0,82	0,83	0,90
-----------	--------------------	------	------	------	------	------	------	------	------

Активные влагозапасы на начало расчетного периода, W_n .

Величина активных влагозапасов в почве на начало расчетного периода принимается по данным агрометеостанций, а при их отсутствии из соотношения:

$$W_n = 10\mu \sum Pe \leq W_{FC} \quad (\text{Б.4})$$

где: μ - коэффициент накопления и сохранения осадков к началу вегетации (0,45-0,55); W_{FC} - наименьшая влагоемкость расчетного слоя почвы, мм.

Pe - количество вневегетационных осадков, мм.

Эффективные осадки, P_e

Естественный приход влаги в виде осадков имеет существенное значение для пополнения почвенных влагозапасов. Процесс впитывания зависит от ряда постоянных и динамичных факторов (рельеф, растительность, влажность и водопроницаемость почвы, интенсивность и продолжительность осадков и т.д.).

При расчетах принимаются эффективные осадки, т.к. не все выпадающие осадки полезно используются: часть их может теряться на поверхностный сток, глубокую фильтрацию или испарение и лишь часть осадков сохраняется в корнеобитаемой зоне. Среднемесячные значения эффективных осадков установлены по методике ФАО, в зависимости от среднемесячных величин осадков и эвапотранспирации культуры.

Подпитывание из грунтовых вод, Gr

Роль грунтовых вод в обеспечении растений влагой зависит от минерализации и глубины их залегания, мощности корневой системы растений, литологического строения зоны аэрации.

К настоящему времени накоплена обширная информация по лизиметрическим, балансовым и эмпирическим методам исследования испарения грунтовых вод (С.Ф. Аверьянов, Алимов, Д.И. Кац, С.Н. Рыжов, Н.Ф. Беспалов, Ганиев и др.). Предложенные ими уравнения отражают долю участия грунтовых вод в суммарном испарении в зависимости от глубины их залегания и сложения почвогрунтов зоны аэрации (механический состав, плотность, водопроницаемость). Особенности роста и развития корневой системы растений в них не учитываются. Совокупность воздействия всех факторов учитывают лишь зависимости ВНПО "Радуга", С.И. Харченко и института "Узгипромелиоводхоз".

По методике института "Узгипромелиоводхоз" коэффициент использования грунтовых вод устанавливается в зависимости от расхода собственно грунтовой воды, механического состава почв и стадии развития растений (табл.Б.2). Зависимость базируется на имеющихся данных лизиметрических и экспериментальных наблюдений различных НИИ и организаций региона. При минерализованных грунтовых водах значения Gr уменьшается в 1,5-2,0 раза.

Динамика нарастания корневой системы в течение вегетации принимается по четырем стадиям роста и развития: 1- начальная - наземный покров <10%, 2-активный рост - наземный покров 70-80%, 3- средняя - до начала созревания, 4- поздняя - до полной зрелости.

Таблица Б.2

Доля участия грунтовых вод в суммарном испарении сельскохозяйственных культур, %

Культура	Уровень грунтовых вод																			
	1.0 м					1.5 м					2.0 м					2.5 м				
	Периоды развития культур																			
	I	II	III	IV	ср.	I	II	III	IV	ср.	I	II	III	IV	ср.	I	II	III	IV	ср.
Почвы песчаные и супесчаные мощные, а также мало- и среднемощные разного гранулометрического состава (легкие)																				
Хлопчатник	45	55	65	65	58	16	25	35	35	28	0	2	6	6	4	0	0	0	0	0
Кукуруза	45	57	68	68	60	16	27	37	37	30	0	5	8	8	6	0	0	2	2	1
Люцерна	45	57	70	70	67	20	27	40	40	37	0	8	13	13	11	0	0	5	5	5
Зерновые	-	-	-	-	-	16	27	37	37	32	0	5	8	8	5	0	0	2	2	1
Сады	90	90	90	90	90	55	55	55	55	55	0	30	30	30	30	15	15	15	15	15
Почвы средне- и легкосуглинистые, тяжелосуглинистые, облегающиеся к низу (средние)																				
Хлопчатник	40	50	60	60	53	20	35	47	47	37	0	6	12	12	8	0	0	6	6	3
Кукуруза	40	53	63	63	56	20	37	49	49	40	0	10	15	15	10	0	6	9	9	5
Люцерна	40	53	65	65	62	20	37	51	51	47	0	18	20	20	18	0	6	13	13	13
Зерновые	-	-	-	-	-	20	37	49	49	42	0	10	15	15	12	0	6	9	9	7
Сады	90	90	90	90	90	60	60	60	60	60	0	35	35	35	35	20	20	20	20	20
Почвы тяжелосуглинистые, среднесуглинистые, утяжеляющиеся к низу; резкослоистые с наличием глин (тяжелые)																				
Хлопчатник	35	45	55	55	48	17	28	38	38	30	0	4	9	9	6	0	0	4	4	2
Кукуруза	35	38	58	58	48	17	30	39	39	32	0	7	12	12	8	0	4	5	5	4
Люцерна	35	38	60	60	55	17	30	42	42	39	6	13	15	15	13	0	4	10	10	10
Зерновые	-	-	-	-	-	17	13	36	39	34	0	7	12	12	9	0	4	5	5	4
Сады	90	90	90	90	90	65	65	65	65	65	32	32	32	32	32	17	17	17	17	17

Б.2. Неvegetационный период

Неvegetационные поливы проводятся для своевременной подготовки поля к севу, сохранения влаги и получения дружных всходов. Потребность во влагозарядке устанавливается путем сопоставления суммы осадков от первого осеннего заморозка до начала возобновления вегетации с испаряемостью. Норма поливов (m_{nv}) определяется по следующему выражению:

$$m_{nv} = 100 \gamma H (\beta_n - \beta_o) - 100 \omega P_{e_n} / f \quad (Б.5)$$

где: β_n - наименьшая влагоемкость слоя почвы, % от веса; β_o - предполивная влажность увлажняемого слоя, % от веса; H - глубина увлажняемого слоя, м; γ - объемная масса, т/м³; P_{e_n} - атмосферные осадки (начало неveget. полива - начало вегетации); γ - коэффициент, учитывающий аккумуляцию осадков почвой (0.6-0.9); f - коэффициент сохранения запасов влаги к посеву (0.55-1.0).

Расчетный увлажняемый слой принимается для однолетних культур 1.0-1.25 м., для многолетних - 1.5м.

На орошаемых землях, подверженных засолению, проводятся промывные поливы (области "б1" и "в"). Промывные поливы сочетаются с влагозарядковыми.

Нормы и продолжительность промывных поливов, являющихся одновременно влагозарядковыми, зависят от солеотдачи, характера и степени засоления почв. Сроки их проведения определяются климатическими условиями и видом культуры: для однолетних - начало весеннего периода; для многолетних - осенне-зимний период (таблица Б.3.).

Таблица Б.3

Ориентировочные нормы неvegetационных поливов по природно-климатическим зонам

Культура	Природные зоны						
	лесо- степь К _у >0,5	степь К _у =0,5- 0,3	полупус- тыня К _у =0,5- 0,2	пустыня север. К _у =0,2- 0,1	пустыня южная К _у =0,05 0,1	предгор. полупус- тыня К _у =0.2-0.3	предгор. Степь К _у =0.3- 0.5
а) влагозарядковые							
Хлопчатник				900-1000	1000- 1100	900-1000	
Люцерна	350-450	350-450	450-550	700-800	900-1000	900-1000	800-900
Кукур.на зерно		300-400	400-500	700-800	900-1000	800-900	
Кукур.на силос	300-400	300-400	400-500	700-800	900-1000	800-900	
Озимые зернов				900-1000	1000- 1100	900-1000	800-900
Сады	350-450	350-450	450-550	900-1000	1000- 1100	900-1000	800-900
б) профилактическая промывка							
однолетние	1000- 1200	1000- 1200	1000- 1200	2100- 2300	2300- 2400	2100- 2200	1000- 1200
многолетние	1000- 1200	1000- 1200	1000- 1200	2100- 2200	2200- 2300	1900- 2000	1000- 1200

Источник: КазНИИВХ, «Оросительные нормы сельскохозяйственных культур в Казахстане» (рекомендации), Средазгипроводхлопок, «Расчетные значения оросительных норм...»

Размеры капитальных промывок устанавливают по формуле В.Р.Волобуева. Значения норм(нетто), обеспечивающие рассоление метрового слоя почв до допустимых пределов, приведены в таблице Б.4.

ТАБЛИЦА Б.4

Промывные нормы для рассоления метрового слоя почвы, мЗ/га

Градация соледержания в слое 0-100см в % плот. остатка	Механический состав почв			
	легкие	среднесуглинистые	тяжелосуглинистые	глинистые или аналогичные им по соледоудаче
0-0,5	1000-2500	1000-4000	1500-5000	2500-7000
0,5-1,0	3500-4500	4000-6500	5500-8500	7000-12500
1,0-2,2	4000-6500	4500-9500	5500-12000	7000-18000
2,0-3,0	5500-7500	7000-11000	8500-14500	12000-21500
3,0-4,0	7000-8500	9000-12000	11000-15500	13500-23000

Источник: КазНИИВХ, «Оросительные нормы сельскохозяйственных культур в Казахстане» (рекомендации)

ПРИЛОЖЕНИЕ В

В. РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ НОРМ ЗА ВЕГЕТАЦИЮ ПО

ГИДРОМОДУЛЬНЫМ РАЙОНАМ

Расчетные значения оросительных норм сельскохозяйственных культур по гидромодульным районам получены по вышеизложенной методике и гидромодульному районированию. При дифференциации оросительных норм по гидромодульным районам учитывалось различие в интенсивности расходования влаги почвами различного механического состава и подпитывания грунтовыми водами корнеобитаемой зоны растений, а также минерализация грунтовых вод. В условиях подверженности почв засолению учтена промывная составляющая оросительной нормы. В таблице В.1 приведены расчетные значения оросительных норм сельскохозяйственных культур по гидромодульным районам, а распределение их в течение вегетационного периода - в таблице В.2.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Г. ВЗАИМОСВЯЗЬ: ПОЧВА - ВОДА - УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР

Г.1. Зависимость урожайности культуры от засоления почв.

Процессы соленакопления в почве являются основным лимитирующим фактором продуктивности культур и источником загрязнения поверхностных вод.

В результате экспериментов зарубежными исследователями (Landon, 1984 и ФАО, 1992) получена эмпирическая зависимость для прогнозирования воздействия засоленности почв и оросительной воды на урожайность культур. Солеустойчивость различных культур традиционно выражается в виде относительного урожая (Y_r), порога засоленности (a), процентной величине снижения урожая (b), засоленности почвы EC_c в dS/m) следующим образом:

$$Y_r = 100 - b * (EC_c - a) \quad (Г.1)$$

Уровни солеустойчивости основных культур приведены в таблице Г.1

Уровни солеустойчивости основных культур

Таблица Г.1

С/х культура	Электропроводимость насыщенного почвенного р-ра (EC_c)			Солеустойчивость культур
	Порог (dS/m)	Процент. измен. урожая на 1 EC_c	Засоленность (EC_c), соответств. отсутствию урожая	
Хлопчатник	7.7	5.2	27	T
Пшеница	6.0	7.1	20	MT
Рис	3.0	12.0	12	S
Кукуруза	1.8	12.0	12	MS
Люцерна	2.0	7.0	16	MS

Источник: Landon, 1984, ФАО, 1996 б.

Примечание: T- устойчивый, MT- средне устойчивый, S - чувствительный.

Рис. 5.2 показывает, что снижение урожая хлопчатника и пшеницы начинается при EC_c , равной 8 dS/m . Порог для других культур оценивается ниже.

Механизм действия солей на растения разнообразны и сложны. Засоление почв вызывает высокое осмотическое давление почвенных растворов, превышающих сосущую силу корней растений, уменьшение доступности воды и нарушение процесса дыхания и фотосинтеза культуры и др. При содержании Cl -иона 0.05-0.1 % начинается заметное угнетение растений во все фазы роста и развития, снижается качество урожая.

К примеру, на солончаковых почвах урожайность хлопчатника снижается на 50-60%, а качество волокна - на 10-20%. Урожайность зерновых уменьшается на 30-50%, зерно приобретает щуплость и низкое качество. Зависимость урожайности хлопчатника от засоления почвы по плотному остатку и Cl -иону показана на рис. 5.1.

Г.2. Взаимосвязь между уровнем грунтовых вод и урожайностью культур

Влияние уровня грунтовых вод на урожайность культур определяется прежде всего через почвенные процессы и зависит от степени минерализации и токсичности растворенных солей в грунтовых водах, почвенных растворах и почвогрунтах. Близкое стояние грунтовых вод оказывает вред развитию корневой системы и тем самым вызывает снижение урожайности.

На естественно дренируемых землях при близком уровне пресных грунтовых вод (1-2 м) можно создать оптимальные условия увлажнения корнеобитаемого слоя и получать устойчивые урожаи при значительно меньших затратах оросительной воды, чем на автоморфных почвах. При адекватном дренаже залегание грунтовых вод с минерализацией 1-2 г/л на глубине 1-2 м не вызывает процессов соленакопления. Чрезмерно высокое залегание грунтовых вод - менее 0.5 м от поверхности вызывает избыточное увлажнение пахотного слоя, ухудшение роста и развития растений, снижение урожайности.

Влияние пресных грунтовых вод можно оценивать однофакторно - по допустимому уровню влажности почвы. Зависимость урожая от средней относительной влажности почвы в вегетационный период приведена на рис.5.8.

С повышением минерализации и изменением химизма грунтовых вод однофакторная связь переходит в многофакторную. На рис. 5.7 представлено влияние минерализации грунтовых вод на засоление.

Оценка доступности почвенной влаги по влажности почв от полевой (наименьшей) влагоемкости соответствует критериям по капиллярно-сорбционному давлению на незасоленных почвах при пресных грунтовых водах и непригодна для почв подверженных засолению при минерализованных грунтовых водах. Степень доступности почвенного раствора зависит от ионного состава и концентрации солей, генетических особенностей развития культуры и др. При высоких концентрациях солей в почвенном растворе проявляется их токсичное действие.

Г.3. Взаимосвязь урожайности культур и качества воды

Влияние качества поливной воды на почвенные процессы, проявляющееся в повышении концентрации почвенного раствора, осолонцевании, вторичном засолении, ухудшении физико-химических и водно-воздушных свойств почв, зависит от типа и плодородия почв, эффективности использования воды и дренажа, солеустойчивости культур и др.

На рис. 5.4 – 5.6 показано изменение урожайности хлопчатника и др. культур при поливе водой различной минерализации. Снижение урожайности хлопчатника начинается при минерализации поливной воды более 1.0 г/л, риса - с 1.5 г/л по кормовым культурам (кукуруза, сорго, люцерна и др.) - 0.5 - 0.7 г/л.

Приведенные данные отражают результаты опытов с соблюдением агротехнических требований и режима орошения. В производственных условиях влияние качества поливной воды будет проявляться более интенсивно, исходя из свойств и типов почвы, условий дренированности и культуры земледелия.

Зависимость между минерализацией воды и засоленностью почвы такова, что с повышением минерализации оросительной воды ускоряется вредный эффект засоленности почвы на урожай культур. Зависимость имеет следующий вид (NEC, 1994):

$$dECc = dS / (0.7 * U * D * Dw)$$

где: $dECc$ - засоленность почвы, dS - минерализация воды, U - процент насыщения почвы, D - глубина корневой зоны (см), Dw - плотность массы почвы (кг/см³), Dw - плотность воды (1 кг/см³).

Используя эту зависимость было проведено исследование влияние минерализации оросительной воды на засоленность почвы (Дренажный проект Узбекистана, Фаза 1). В таблице Г.2 представлено качество воды, соответствующее порогу снижения урожайности, при условии стандартных параметров почвы. Этот порог для каждой культуры можно потом сравнить с качеством оросительной воды. Например, если оросительная вода имеет среднюю концентрацию солей, сходную с той, что в реке за последние годы (1989-1993 г.), она должна колебаться в диапазоне от 0.35 г/л (0.55 dS/m) до 1.6 г/л (1.81 dS/m).

Таблица Г.2

С/х культура	Качество оросительной воды	Засоленность почв	Соотношение потенц. полученного урожая
Хлопчатник	3.75	4.8	100(a)
Пшеница	2.5	3.8	100(a)
	4.0	6.1	75
Рис	0.75	1.9	100(a)
	1.75	4.4	53
	2.75	7.0	5
Люцерна	1.25	1.3	100(a)
	3.50	3.6	74
Картофель	0.50	1.3	53
	1.50	3.8	53
	2.50	6.3	5

Источник: Дренажный проект Узбекистана, Фаза 1, ММ Т U

Примечание: - порог (самые высокие уровни засоления, вызывающие снижение урожайности)

- стандартная почва предполагает BDs 1/5 кг/дм³; U - 4 г. Воды на 100 грамм сухой почвы;

- предполагаемая глубина корней - 1.2 м хлопчатни, 1.0 - пшеница, 0.6 м рис, 1.5 м люцерна, 0.6 м картофель

- качество оросительной воды рассчитано с нарастанием по 0.25 г/л.

Выполненный обзор данных свидетельствует о необходимости дополнительных исследований отдельных аспектов проблемы.

Г.4. Долгосрочный прогноз водопотребления культур

На основании обработки и анализа большого количества опытных данных по влиянию влагообеспеченности на величину урожая (рис.5.9) получены уравнения, описывающие зависимости урожая от влагообеспеченности:

$$\frac{Y}{Y_{max}} = a \left(\frac{E-E_1}{E_{opt}} \right)^n - b \left(\frac{E-E_1}{E_{onm}} \right)^m \quad (1)$$

или:

$$\frac{Y}{Y_{max}} = a (K-K_0)^n - b (K-K_0)^m, \quad (2)$$

где: Y и Y_{\max} - планируемый и максимальный урожай сельхозкультур;
 E и $E_{\text{опт}}$ - водопотребление, соответствующее планируемому и максимальному урожаю;
 E_1 - водопотребление, необходимое растению до начала образования продуктивной части органической массы;
 b, m, n - коэффициенты, дифференцированные по виду культур и величине максимального урожая и характеризующие вид опытной кривой, приведены в таблице Г.3;
 K - уровень влагообеспеченности определяется отношением:

$$K = \frac{E}{E_{\text{опт}}}; \quad K_0 = \frac{E_1}{E_{\text{опт}}} \quad (3)$$

Параметр K_0 показывает начало опытной кривой, характеризуя особенности культуры, уровень агротехники и вероятную величину наивысшего урожая, так как, чем меньше его величина, тем выше уровень применяемой агротехники, больше величина наивысшего урожая и меньше доля водопотребления E_1 до начала образования продуктивной части общей органической массы выращиваемых растений.

Таблица Г.3

**Средние фактические значения параметров формулы
для отдельных сельскохозяйственных культур**

Культура	Группа урожая ц/га	К-во опытных учков	Сред. велич. урожай. ц/га	Фактические значения параметров						
				K_0	a	n	b	m	K_1	ρ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Пшеница яровая	>40	4	45,6	0,28	2,24	0,96	1,40	2,411	0,72	0,825
	<40	16	31,8	0,28	2,69	1,01	1,95	2,252	0,70	0,844
	средн.	20	34,6	0,28	2,61	0,97	1,84	2,184	0,69	0,779
Пшеница озимая	>50	14	57,8	0,22	2,21	0,95	1,31	2,293	0,64	0,779
	4-50	14	45,8	0,24	2,10	0,96	1,19	4,092	0,71	0,938
	средн.	42	46,4	0,25	2,37	0,96	1,52	2,239	0,64	0,830
	средн.	34	59,4	0,22	2,10	0,97	1,23	2,565	0,66	0,797
Кукуруза (зерно)	>90	11	95,8	0,26	2,49	0,99	1,60	2,108	0,68	0,804
	70-90	13	74,3	0,28	2,48	0,91	1,77	2,272	0,66	0,838
	<70	6	57,0	0,29	2,85	0,91	1,99	1,766	0,66	0,803
	средн.	30	78,6	0,28	2,56	0,96	1,75	2,136	0,63	0,827
Хлопчатник 1	>50	6	55,8	0,38	2,67	0,99	2,14	2,450	0,81	0,887
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	40-50	7	46,5	0,44	2,86	0,99	2,48	2,416	0,87	0,918
	>40	12	30,3	0,46	2,82	0,99	2,74	2,659	0,89	0,932
	средн.	25	46,0	0,44	2,78	0,99	2,53	2,583	0,87	0,922
Травы(люцерна)	>100	6	181	0,16	1,76	0,96	0,84	3,106	0,62	0,764
	<100	8	78	0,16	2,30	0,99	1,49	2,67	0,56	0,799
	средн.	14	122	0,16	2,07	0,97	1,22	2,806	0,58	0,779
Кукуруза(с		8	550	0,18	2,40	1,03	1,46	2,132	0,60	0,752

илос)										
Сады		2	29,3	0,40	3,00	1,04	2,50	2,322	0,84	0,906
Рис в период затопления		1	52,5	0,31	2,50	0,91	1,75	2,165	0,68	0,806

ρ - соотношение значений урожайности в относительных величинах, соответствующих K_{10}

Наивысшая величина урожая (Y_{max}), вполне достижимая в рассматриваемых условиях, выясняется по данным опытных участков или по зависимости Д.И.Шашко:

$$Y_{max} = \frac{a * \beta}{\rho_n * \varphi}, \quad (4)$$

где: a - процент использования солнечной энергии;
 B - количество поступающей на поле солнечной энергии за вегетационный период, ккал/га;
 ρ_n - коэффициент перехода от урожая выращиваемой продукции к урожаю всей органической массы ;
 φ - калорическое значение единицы урожая органического вещества, ккал/кг.

С учетом прогнозируемого (расчетного или планируемого) урожая находятся значения δ_n .

Анализ кривых зависимости урожая от влагообеспеченности растений в безразмерных координатах $Y/Y_{max} = f(K)$, построенных по опытным данным, показал, что большинство из них, в пределах влагообеспеченности от K_0 до 1, проходят близко к нормальным симметричным кривым, когда $n=1$, а $m=2$. Поэтому в производственных расчетах для получения зависимостей можно воспользоваться параметрами, определяемыми из уравнений (5)-(7).

$$K_0 = \frac{1}{B + F \cdot Y_{max}^2} \quad (5)$$

где: B , F и Z - коэффициенты

$$a = \frac{2}{1 - K_0}, \quad (6)$$

$$b = \left(1 - \frac{1 - 2K_0}{2 - 2K_0} \right). \quad (7)$$

Преимуществом предлагаемой зависимости перед аналогичными работами является универсальность аналитической формулы, аппроксимирующей экспериментальные зависимости урожая от влагообеспеченности в широком диапазоне ее изменения для любой зоны. Зависимости урожая от влагообеспеченности для основных сельскохозяйственных культур представлены в безразмерных величинах, а значит, сравнимых, доведены до расчетных значений параметров. Эти зависимости могут быть использованы для расчетов в любых других условиях.

Привязка функций урожай-влагообеспеченность в безразмерных координатах к конкретным условиям осуществляется через определение для этих условий K_0 максимальной урожайности (E_{opt}). Подставляя значения этих определяющих параметров в уравнение (2), получим функцию урожая от влагообеспеченности для конкретных условий в размерных величинах.

Прогнозирование суммы любых метеопараметров $H_{гп}$ за вегетацию для различных культур следует осуществлять по фактическому их ходу в начальный период вегетации с использованием среднеголетних интегральных кривых нарастания температур воздуха, его дефицитов влажности или испаряемости за периоды вегетации рассматриваемых сельскохозяйственных культур по формулам:

$$\sum_0^T t^0 = \sum_0^t \frac{t^0}{R_{t^0}} \quad (8)$$

$$\sum_0^T d = \sum_0^t \frac{d}{R_{td}} \quad (9)$$

$$\sum_0^T E_0 = \sum_0^t \frac{t^0}{R_{tE_0}} \quad (10)$$

где: $\sum_0^T t^0$; $\sum_0^T d$; $\sum_0^T E_0$ - прогнозируемые суммы вышеназванных параметров за вегетационный период рассматриваемых сельскохозяйственных культур;
 $\sum_0^t t^0$; $\sum_0^t d$; $\sum_0^t E_0$ - аналогичные показатели на момент времени t , определяемые по данным текущих наблюдений местных метеостанций, путем суммирования за T дней (одна, две декады);
 R_t - ординаты безразмерных среднеголетних интегральных кривых метеопараметров за вегетацию рассматриваемых культур, соответствующие рассматриваемому моменту времени t .

Используя дифференцированные по величине урожая биоклиматические коэффициенты (модули испарения), таблица Г.3 и прогнозные значения метеозлементов, уравнения (8)-(10), по уравнению (5.1) находится прогнозная величина водопотребления.

Подекадное распределение запрогнозированного водопотребления для условий конкретного года может осуществляться путем построения его прогнозной интегральной кривой в размерных величинах по уравнению:

$$E_I^{np} = \left[A * \left(\frac{t}{T} \right)^a - B * \left(\frac{t}{T} \right)^\beta \right] * E_T^{np} \quad (11)$$

где:

- E_I^{np} - прогнозируемое водопотребление с начала сева за время t ;
 E_t^{np} - прогнозируемое водопотребление за вегетацию выращиваемой культуры;
 A, a, B, β - параметры интегральной кривой.

При наличии наблюдений за фактическим расходом почвенной влаги на типовых участках в основу прогнозирования потребности в поливах и их частоты можно использовать уравнение:

$$E_t^{np} = \frac{E_t}{R} \quad (12)$$

где:

- E_t - фактический расход воды полем с начала сева до рассматриваемого момента времени t ; R - значение ординаты осредненной интегральной кривой водопотребления в безразмерных величинах, полученной в условиях данной местности в прошлые годы.
 E_t^{np} - прогнозная величина водопотребления сельскохозяйственной культуры на весь вегетационный период.

Порядок прогнозирования водопотребления сельскохозяйственных культур и его подекадного распределения на вегетацию следующий:

1. Устанавливаются сроки вегетации, даты сева, созревания на основании агроклиматических справочников по всем выращиваемым фермерами культурам рассматриваемой АВП для установления для них среднемноголетних интегральных кривых водопотребления. Для текущих интегральных кривых метеопараметров начало вегетации устанавливается по факту за данный год.
2. Выясняются плановые величины урожая культур по данным хозяйства или прогнозируются по формуле (4) с учетом плодородия почвы и уровня системы земледелия.
3. Устанавливаются по опыту прошлых лет или по аналогии зависимости $Y/Y_{max} = f(K)$ и расчетные параметры к ним (по результатам исследований КыргызНИИирригации). Если опытные данные для построения кривой $Y/Y_{max} = f(K)$ отсутствуют, можно вычислить по имеющимся формулам (5)-(7).
4. По установленным зависимостям $Y/Y_{max} = f(K)$ для культур по величине планируемого урожая определяются модули испарения графически или по зависимости (1).

5. Готовятся среднегодовые интегральные кривые метеопараметров за периоды вегетаций рассматриваемых сельскохозяйственных культур.
6. Ведутся наблюдения за фактическим ходом метеопараметров в начале вегетации (2-3 декады).
7. Прогнозируется сумма метеопараметров за вегетацию рассматриваемых культур по формулам (8)-(10).
8. Прогнозируется величина общего водопотребления (E_i^{np}) каждой культуры севооборота за вегетацию по формуле (5.1).

Строится интегральная кривая прогнозного водопотребления по формуле (11)

Прогнозируется декадное водопотребление графически по интегральной кривой или по уравнению (12) путем суммирования результатов вычислений за любой промежуток времени

