

## К ВЫБОРУ ТРАССЫ НОВОГО КАНАЛА ПЕРЕБРОСКИ АМУДАРЬИНСКОЙ ВОДЫ

*Ж.К. Ишчанов, Д.Х. Кучкарова, Г.А. Бекмамадова  
(НИИИВП при ТИИМ)*

*Мақолада Ўзбекистон Республикасини трансчегаравий Амударё дарёсидан ишончли ва хавфсиз сув билан таъминлайдиган сув олишни схема ва вариантлари келтирилган. Шунингдек, янги канал трассаси ўтиши турли схемаларда баҳо берилган.*

*Ўзбекистон Республикаси иқтисоди учун ўзи оқар ва насосли сув олиш вариантлари келтирилган. Бундан ташқари, Амударё сувини олиш учун канални гидравлик характеристикалари келтирилган.*

*Мақолани тайёрлашда А7-ФА-1-155180 «Трансчегаравий Амударё ҳавзасида сув хўжалиги ҳолати мураккаблашганда Ўзбекистон Республикасини турғун сув билан таъминлашнинг илмий услубий асосларини яратиши» Мега лойиҳасининг илмий-тадқиқот ҳисоботи материалларидан фойдаланилди.*

*In the article it is stated alternatives and circuitry of water supply which secure sufficiency of water supply of the Republic of Uzbekistan from Amu Darya transboundary river.*

*Furthermore, it is evaluated various circuitry of passage of new canal's waterway. It is adduced variants of gravity and pumped water supply for the economy of Uzbekistan. Moreover, it is given hydraulic characteristics of transfer canal of Amu Darya water.*

*During the preparation of article it was used materials of research report on the Mega project А7-FA-1-15518 of "Developing scientific-methodical base of stable water supply in the Republic of Uzbekistan in the condition of the intensification hydroeconomic situations on Amu Darya transboundary river".*

*В настоящей статье изложены варианты и схемы водоподачи, обеспечивающие безопасность и надежность водообеспечения Республики Узбекистан из трансграничной р. Амударья. Дана оценка различным схемам прохождения трассы нового канала. Приведены самотечный и насосный вариант подачи воды. Даны гидравлические характеристики канала переброски амударьинской воды.*

*Для подготовки статьи использованы материалы научно-исследовательского отчета по Мега-проекту А7-ФА-1-15518. «Разработка научно-методических основ устойчивого водообеспечения Республики Узбекистан в условиях обострения водохозяйственной обстановки на трансграничной реке Амударья».*

**Введение.** Для установления основных параметров канала переброски амударьинской воды на территории четырех областей Республики Узбекистан проведено изучение опыта создания и эксплуатации каналов такого масштаба на примере Центрального региона и, в особенности, в Узбекистане. В результате изучения топографических карт различных масштабов, космических снимков, а также по результатам маршрутных экспедиций рассмотрены различные схемы прохождения трассы нового канала переброски амударьинской воды на территории южных областей Узбекистана.

**Варианты прохождения трассы канала переброски амударьинской воды на территории южных регионов Узбекистана:**

*1-вариант.* Канал переброски с каскадом насосных станций.

В первом варианте трасса канала проходит полностью по территории Узбекистана. При этом канал до границы Узбекистана проходит самотеком, однако для переброски через горы возникает ущелье с отметкой его дна до 420,0 м, тогда создается возможность создания аккумулирующей емкости для повышения надежности подачи воды до Талимарджанского водохранилища. Талимарджанское водохранилище в этом варианте служит распределителем воды между Кашкадарьинской, Бухарской и Навоийской областями Узбекистана (рис. 1).

При этом возможны следующие варианты прохождения трассы канала по территории Сурхандарьинской области Узбекистана. Вариант, когда канал проходит по схеме (Амударья – точка водозабора – Каракамар) приведен в табл. 1 и на рис. 2.



Рис. 1 - 1-й вариант канала переброски Амударьинской воды.

Таблица 1 - Характеристика трассы канала - самотечная часть по территории Сурхандарьинской области (Амударья – точка водозабора – Каракамар)

Участки трассы прохождения канала	Отметка поверхности земли	Отметка горизонта воды	Длина участка, м
Амударья – точка водозабора – оз. Ойкуль	313,5	305,8	6500
Оз. Ойкуль – ЖБ $\frac{36-14}{40}$	307,1	298,0	5500
ЖБ $\frac{36-14}{40}$ до ЖД	310,4		3800
По ЖД – до Термез	302,9	295,6	3400
Термез 21 км - канал Галаба	390,0	293,6	9000
Галаба – р. Сурхандарья	300		6600
р. Сурхандарья (мост) – канал Восточный	310		5000
канал Восточный -(Дома)	310	285,7	9000
(Дома) – полевой ст.	300		4800
Полевой ст. – Кау сахар	302,6		7300
Кау сахар – р. Карасу (мост)	300		5400
р. Карасу мост – пос. Искра до отметки 311,5	305		7500
От отметки 311,5 – М 14	300		6300
От М 14 – 02 отд. № 1 свх. им.Набиева	300	278,5	12700
Отд. № 1. Набиева до пещеры Каракамар	300		26000

Если на вышеизложенном варианте канал переброски сопрягается с Талимарджанским водохранилищем на территории Кашкадарьинской области, то имеется вариант переброски воды в Пачкамарское водохранилище для Бухарской и Навоийской областей. Параметры возможной трассы нового канала для переброски амударьинской воды в Пачкамарское водохранилище приведены в табл. 2.

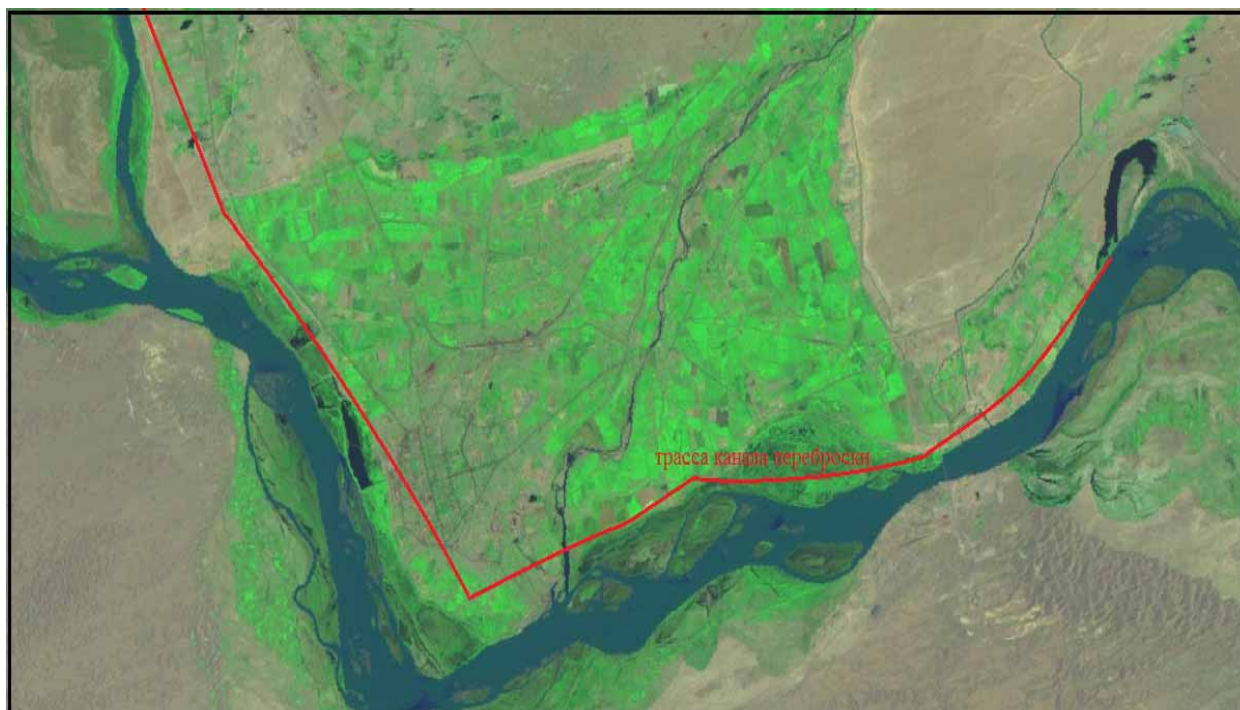


Рис. 2 - Прохождение трассы канала по территории Сурхандарьинской области

Таблица 2 - Трасса канала с насосной станцией для переброски воды в Пачкамарское водохранилище

Наименование пунктов прохождения трассы канала	Отметка поверхности земли	Высота подъема	Расстояние, м
Гульбахор – Долгота 67°30'	300	нет	25,250
Долгота 67°30' –Широта 37°40'	300	нет	24,500
По широте 37°40' - г. Шерабад	300	нет	40,950
г. Шерабад – Дагана	400	100	8,05
Дагана – Широта 37°58'	500	100	24,500
Широта 37°58' – Пограничная стена (Бронзовый век)	600	100	28,70
Пограничная стена – Кичик Урадарья	1000	400	18,550
Итого, длина канала			114,425

Преимущество варианта водоподачи с помощью насосных станций:

- Канал переброски проходит полностью по территории Узбекистана;
- Создаются условия аккумуляции определенного объема воды для повышения надежности водоснабжения, а также условия командования над территорией Кашкадарьинской, Бухарской и Навоийской областей Узбекистана;
- Создается возможность исключения 7 насосных станций каскада КМК и насосных станций Хамза-1, Хамза-2 и Алат в Бухарской области;
- Создаются условия для строительства гидравлических электрических станций взамен 7 насосных станций каскада КМК и на участке канала до Талимарджанского водохранилища.

Недостатки:

- Строительство нового каскада насосных станций для подачи воды от канала переброски до водохранилища в Бойсунтоге и до р. Кичик Урадарья;
- Сложные горно-геологические условия для создания каскада насосных станций;
- Необходимость строительства множества туннельных водопропускных сооружений до водохранилища в ущелье, до Тадимарджанского водохранилища и до р. Кичик.

**2-й вариант. Самотечный вариант прохождения трассы канала переброски амударьинской воды.**

При этом варианте рассмотрена также схема прохождения трассы канала от точки водозабора до территории Туркменистана. Параметры прохождения трассы канала приведены в табл. 3.

В этом варианте трасса канала проходит по территории Туркменистана и сопрягается с каскадом насосных станций Каршинского машинного канала на территории Туркменистана.

Таблица 3 - Трасса канала (самотечная часть) пункт водозабора «Гульбахор» – граница Туркменистана (вариант прохождения трассы)

Наименование пунктов прохождения трассы	Отметка поверхности земли 300 м	Расстояние, м
Гульбахор – Долгота 67°30'	300	25,250
Долгота 67°30' – Широта 37°40'	300	24,500
По широте 37°40' - г. Шерабад	300	40,950
г. Шерабад – п. Музрабад	300	29,750
п. Музрабад – граница Туркменистана	300	25,200
Итого, длина канала		145,750

Точка сопряжения канала переброски амударьинской воды с каскадом насосных станций приведена на рис. 3



Рис. 2 - Сопряжение канала переброски амударьинской воды с каскадом насосных станций КМК

Преимущество самотечного варианта водоподдачи:

- Канал полностью проходит самотеком;
- Благодаря примыканию канала к напорному бассейну НС-4КМ отпадает необходимость эксплуатации 4-х насосных станций каскада КМК.

Недостатки:

- Канал переброски проходит по территории другого государства - Туркменистана;
- Осложняются условия эксплуатации канала из-за проблем доступа специалистов-эксплуатационников к каналу.

Рассмотрена также схема прохождения трассы канала до территории Бухарской области, возможные пункты прохождения и расстояния между пунктами приведены в табл. 4. При этом ориентиром прохождения трассы канала принята горизонталь с отметкой 300 м.

Таблица 4 - Прохождение трассы канала по территории Туркменистана и по территории Кашкадарьинской и Бухарской областей (самотечный вариант) (Ориентир - отметка горизонтали 300 м)

№ п/п	Наименование пунктов прохождения трассы канала	Расстояние, м
По территории Туркменистана		
1.	38 <sup>00'</sup> – Железная дорога (ЖД)	14850
2.	ЖД – КМК	10800
3.	КМК (Туркменистан) – Граница Кашкадарья	31500
4.	Нишанский район – граница Туркменистана	30600
5.	Миришкарский район:	
6.	Южный коллектор - правая ветка А	6750
7.	Правая ветка А – средняя ветка	10800
8.	Средняя ветка – левая ветка	9000
9.	Левая ветка А- левая ветка Б	7200
10.	Левая ветка Б - коллектор Ходжамубарек	33750
11.	коллектор Ходжамубарек – Северный коллектор	14850
Бухарская область		
12.	Канал Хитой – п. Утрар	12600
13.	п. Утрар – канал Зарбулак	13050
14.	Канал Зарбулак – Караулбазарский магистральный канал (Бухарская область)	22500
15.	Длина канала от 38 <sup>00'</sup> до Караулбазара АБМК	218,250

Выполнен гидравлический расчет нового канала переброски, полученные гидравлические элементы приведены в табл. 5.

Таблица 5 - Параметры канала переброски

Участки канала	Длина, км	Гидравлические элементы канала переброски Амударьинской воды					
		$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$i$	$m$	$n$	$b$ , м	$h$ , м
Точка водозабора-канал Аму-Занг	29	579	0,00005	4,5	0,02	35	7,8
Аму-Занг- насосная станция Жайхун	77	479	0,00005	4,5	0,02	31	7,0
Насосная станция Жайхун - Каршинский каскад насосных станций	105	384	0,00005	4,5	0,02	30	6,75
Каршинский каскад насосных станций - участок АБК в районе Караулбазара	218	209	0,00005	4,5	0,02	25	5,5

### Выводы и рекомендации

1. Подача воды по каналу переброски амударьинской воды не требует изменения существующей схемы водоподачи внутри водохозяйственной системы областей Узбекистана.

2. Предлагаемый канал переброски способствует переводу большей части орошаемой территории из машинного в самотечный способ орошения.

Несмотря на наличие проблем оба предлагаемых варианта трассы канала переброски амударьинской воды на территорию Кашкадарьинской, Бухарской и Навоийской областей заслуживают внимания и требуют проведения дальнейших исследований.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТРУЙНЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ОТКАЧКИ ДРЕНАЖНЫХ ВОД НА НАСОСНЫХ СТАНЦИЯХ (НА ПРИМЕРЕ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ «КИЗИЛТЕПА-2»)

Э.К. Кан, Б.Р. Уралов, А.С. Бадалов  
(ТТИИМ)

*Мақолада насос станцияларда оқимли насосларни қўллаш самаралиги масалари қуриб чиқилди. Оқимли насослар қўлланишининг турли вариантлари ва уларни самарадорлигини баҳолаш қуриб чиқилган. Мисол тариқасида Кизилтепа 2 насос станцияси дренаж системаси қабул қилинган.*

*In this article questions of efficiency of application of jet pumps at pump stations are considered. Various variants of application of jet pumps are considered, and their efficiency is estimated. As an example the drainage system of pump station Kiziltepa-2 is taken.*

*В статье рассматриваются вопросы эффективности применения струйных насосов на насосных станциях. Рассмотрены различные варианты применения струйных насосов, и оценена их эффективность. В качестве примера взята дренажная система насосной станции Кизилтепа-2.*

В последнее время наблюдается тенденция применения в дренажных системах насосных станций водоструйных насосов вместо традиционных центробежных (например, типа К) [1,2,3]. Струйные насосы действительно очень просты по конструкции, надежны в эксплуатации и могут перекачивать загрязненные жидкости. Но при всём этом они обладают одним существенным недостатком – **очень низкий КПД**, несопоставимый с КПД лопастных насосов. Поэтому существует правило: они применяются для выполнения задач, которые не может выполнить лопастной насос (осуществляет самовсасывание, подавляет кавитацию, перекачивает загрязненные жидкости и т.д.). В остальных случаях применяется лопастной насос. Применение же струйных насосов на конкретной насосной станции должно быть экономически обосновано.

Оценку экономической целесообразности применения струйных насосов для откачки дренажных вод на насосных станциях проведем на примере насосной станции «Кизилтепа-2». Насосная станция «Кизилтепа-2» расположена в Кизил-Тепинском районе Навоийской области. Класс капитальности сооружений НС «Кизилтепа-2» - II. Насосная станция построена по проекту института Узгипроводхоз, эксплуатируется с 1985 г. (с 1982 г. – в пусковом режиме) и входит в состав Кизил-Тепинского районного управления Аму-Бухарского машинного канала (КТРУ АБМК) [1].

Дренажные помещения расположены в торцах машинных залов и отделены от насосного помещения невысокой (1,0 м) стенкой. По проекту состав дренажных насосов включает 8 насосов 6К-12 с электродвигателем А2-62-4,17 кВт, 1450 об/мин и два насоса 8К-18 с электродвигателем А2-71-4,22 кВт, 1450 об/мин. Напорные трубы дренажных насосов выведены в аванкамеру.

Сбор и накопление дренажной воды производится в специальных дренажных приемках. Вода туда попадает через дренажные каналы, расположенные по периметру насосного помещения. Дополнительно к существующим электронасосам К 200-125-330 в 2007 году был завершён монтаж трёх водоструйных насосов в дренажных приемках № 1, 2, 3. Насосы питаются от напорного трубопровода, забирают дренажную воду из приемка и сбрасывают её в аванкамеру. Основными аргументами в пользу этого решения были следующие: струйные насосы обладают важными для эксплуатации достоинствами, т.к. не содержат подвижных частей, не нуждаются в электроприводе, просты в обслуживании и практически безотказны.

В данный момент стоит вопрос полной замены лопастных насосов на струйные. В этом случае возможны два варианта использования струйных насосов:

- 1) Струйные насосы полностью заменят все лопастные насосы и будут работать весь вегетационный период;
- 2) Струйные насосы будут использоваться как аварийные, например, только во время отключений электроэнергии, а в основное время откачку дренажных вод будут осуществлять лопастные насосы.

### 1. Вариант

Основная причина, по которой струйные насосы никогда не смогут полностью заменить лопастные – низкая энергоэффективность. Проще говоря, у них очень низкий КПД. Поэтому с этих

позиций и проведем сопоставление существующих на насосной станции лопастных насосов и предлагаемых на замену струйных насосов. Исходные данные для сопоставления: суммарный расход на изливе сбросных трубопроводов составляет  $Q = 100-150$  л/с, необходимый напор  $H = 10-15$  м.

Тогда с учётом общеизвестной формулы  $N_{пол} = \gamma QH$ , диапазон, в пределах которого находится значение полезной мощности:  $N_{пол} = 9,81 \div 22,07$  кВт. КПД установки со струйными насосами находится в пределах 10-20 % [2, 3], а насосного агрегата с лопастным консольным насосом - 40-60 %. Тогда, если для системы со струйными насосами примем среднее КПД=15 %:

$$\text{Полная мощность } N_{полная}^{стр} = \frac{N_{пол}^{стр}}{\eta} = 65,4 \div 147,13 \text{ кВт.}$$

$$\text{Потерянная энергия } N_{пот}^{стр} = N_{полная}^{стр} - N_{пол}^{стр} = 55,59 \div 125,06 \text{ кВт.}$$

Для лопастных насосов при принятии среднего значения КПД=50 %:

$$\text{Полная мощность } N_{полная}^{лоп} = \frac{N_{пол}^{лоп}}{\eta} = 19,62 \div 44,14 \text{ кВт.}$$

$$\text{Потерянная энергия } N_{пот}^{лоп} = N_{полная}^{лоп} - N_{пол}^{лоп} = 9,81 \div 22,07 \text{ кВт.}$$

Т.е., при использовании системы со струйными насосами значение потерянной энергии (т.е. той энергии, которая будет затрачиваться непроизводительно на преодоление различных сопротивлений в системе) будет больше значения потерянной энергии при существующих лопастных насосах на величину:

$$\Delta N_{пот} = N_{пот}^{стр} - N_{пот}^{лоп} = 45,78 \div 102,99 \text{ кВт.}$$

А это означает, что для обеспечения подъема расхода дренажной воды  $Q = 100-150$  л/с с напором  $H = 10-15$  м при замене на струйные насосы будет теряться мощность

$$\Delta N_{пот} = 45,78 \div 102,99 \text{ кВт.}$$

Если система будет работать весь вегетационный период, то количество потерянной энергии будет равно:

$$\Delta \mathcal{E}_{пот} = \Delta N_{пот} * T_{вез} = (45,78 \div 102,99) * 7200ч = 329616 \div 741528 \text{ кВт*ч}$$

И при стоимости за 1 кВт равной 104,4 сум затраты составят от 34 414 990 до 77 415 523 сум в год.

Таким образом, даже предварительный (грубый) расчет экономической эффективности их применения говорит не в их пользу. Тем более, если работа их предусматривается в течение всего вегетационного периода. Сопоставление по методам сравнительной экономической эффективности (приведенным затратам) приведет к такому же результату. Эксплуатационные расходы (львиную долю которых на насосных станциях составляют расходы на электроэнергию) для струйных насосов (несмотря на малые расходы на ремонт, обслуживание) с учетом вышеприведенных расчетов будут выше, а капитальные вложения (стоимость) струйных насосов (индивидуального изготовления) сопоставимы со стоимостью серийных лопастных насосов.

**2. Вариант** Струйные насосы будут использоваться как аварийные, например, только во время отключений электроэнергии.

Нами были оценены параметры надежности по внешним отказам, происшедшим на насосной станции «Кизилтепа-2» за период 2004-2011 гг.[4]. Основным внешним отказом является отключение энергоснабжения.

Для анализа эксплуатационной надежности по внешним отказам использовались данные службы эксплуатации насосной станции и Госинспекции «Госводхознадзор» [1]. Результаты обработки данных по внешним отказам, случившимся на насосной станции «Кизилтепа-2» представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Количество внешних отказов насосной станции Кизилтепа-2 за период 2004-2011 гг.

Годы	Количество аварий и отказов, номера агрегатов					Суммарное время простоя по вине внешнего отказа, ч
	Общее количество отказов	дата	Продолжительность, ч	Номера агрегатов	Количество остановленных агрегатов	
2004	19 отказов НА-1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,16,18,22,23,25,26	15.07.2004	1,35	2,6,8,11	4	221
		22.07.2004	1,40	2,3,5,6,7,8,9,10,11,12,13,16,18,22,26	15	
		23.07.2004	0,40	2,3,5,6,7,8,9,10,11,12,13,	11	
		9.08.2004	1,30	2,3,4,5,7,11,13,18,22,26,9,10,11,8,12,	15	
		10.08.2004	2,10	1,5,11,25	3	
		22.08.2004	3,20	23,26,5,6	3	
		24.08.2004	1,30	1,2,3,5,6,7,11	7	
		12,30				
2005	9 отказов НА-2,3,5,7,14,18,20,25,26.	19.05.2005	2,0	2,3,5,7,14,18,25,26,	8	26
		18.06.2005	0,40	2,3,7,14,18	4	
		25.06.2005	0,35	14,18,20	3	
			3,05			
2006	4 отказа НА-2,4,18,22.	4.04.2006	0,30	2,4	2	16
		5.04.2006	3,45	22,18	2	
			4,15			
2007	10 отказов НА-1,2,3,4,6,9,10,11,13,21,	10.05.2007	0,40	3,4,21	3	12
		02.08.2007	1,30	1,2,3,4,6,9,10,11,13	9	
			2,10			
2008	2 отказа НА-2,3.	02.08.2008	0,15	2,3	2	8
			0,15			
2009	6 отказов НА-5,10,12,13,19,24.	23.06.2009	1,10	13	1	29
		15.08.2009	5,10	5,10,12,19,24	5	
			6,10			
2010	19 отказов НА-2,3,4,5,6,7,9,10,11,15,16,17,18,19,20,21,23,24,26.	23.06.2010	13,10	4,5,6,7,20,16,17,18,9,10	10	932
		15.07.2010	48,10	2,3,4,5,7,9,10,11,17,18,19,23,24,26,	14	
		17.08.2010	11,30	4,5,7,10,11,12,17,18,20,21	10	
			72,50			
2011	14 отказов НА-1,3,4,5,7,8,10,13,14,16,17,23,25.	01.05.2011	1,10	1,5,17	3	170
		15.07.2011	15,10	1,3,4,7,8,10,13,14,16,23,25	11	
			16,20			
Всего	83		117,35/14,67			1414/176,75

Анализ внешних отказов показал, что за весь период наблюдений (2004-2011 гг.) было всего 22 отключения электроэнергии (в среднем 2,75 в год), причем продолжительность их (время



простоя) колебалась от 15 мин (02.08.2008 г.) до 48 ч 10 мин (15.07.2010 г.) при общей продолжительности 117,35 ч и среднегодовой - 14,67.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что резервная дизельная электростанция переменного тока для аварийного энергоснабжения должна находиться в состоянии постоянной готовности, а с учетом незначительной средней продолжительности простоя (всего 14,67 ч/год), применение хоть и безотказных (но низкоэффективных) струйных насосов дренажной системы для осушения подземной части здания **экономически неоправданно**.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Комплексное обследование и техническая диагностика насосной станции «Кизилтепа 2»: Отчет / Госинспекция «Госводхознадзор». - Ташкент, 2010. – 87 с.
2. Лямаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки.- Л.: Машиностроение, 1988. – 256 с.
3. Хохлов В.А., Хохлов А.В., Титова Ж.О. Регулирование режимов работы струйных насосов. – Ташкент: Фан ва технология, 2011. – 118 с.
4. Кан Э.К., Хужакулов Н. Анализ внешних отказов на насосной станции «Кизилтепа-2» // Материалы Респ. научно-практ. конф. «Повышение эффективности, надежности и безопасности гидротехнических сооружений» (Ташкент, 13-14 декабря 2012 г.). - 2012. - 255-257 с.
5. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. - М.: Стройиздат, 1976. – 320 с.

УДК 681.121

## ТРАЕКТОРИЯ ДВИЖЕНИЯ ЗВУКА В УЛЬТРАЗВУКОВЫХ РАСХОДОМЕРАХ ВОДЫ

*Ш.И. Клычев, М.М. Мухамадиев, Е.В. Василенко, А.И. Султанов*  
(СКТБ при ИИПиЛТ АН РУз, ТашГТУ)

*В приближениях механики рассмотрена траектория звука в воде, движущейся в трубе с переменной скоростью. Проведен анализ уравнений движения, показано, что всегда можно получить аналитическое выражение для основных параметров траектории движения - угла вылета и времени прохождения звука от источника до приемника, установленных неподвижно. Разработана методика численного решения уравнений движения звука в сечении. Показано, что траектория движения звука достаточно сложна и для случая неравномерной скорости воды она всегда пересекает прямую между источником и приемником.*

Вопросы энерго- и ресурсосбережения приобретают в мире все большую остроту. Для нашего региона этот вопрос особенно важен для такого ресурса, как поливная вода.

Как известно, значительная часть поливной воды доставляется с помощью крупных насосных станций, и контроль расхода воды является актуальной задачей.

Один из путей решения задачи - это применение время-импульсных ультразвуковых расходомеров (УР) воды. Стационарные УР достаточно хорошо освоены промышленностью ряда стран и широко применяются в коммунальном хозяйстве. Однако, задача их применения на крупных насосных станциях - это в первую очередь проведение контроля и калибровки, установленных на крупных станциях стационарных манометрических расходомеров воды. Т.е. необходимы накладные переносные УР. Указанные требования к УР требуют и более детального анализа вопросов калибровки самих УР. В частности, определения их таких основных характеристик, как «угол вылета» звука  $\alpha$  и время  $t$  прохождения звука от источника до приемника при движении звука по ходу движения воды ( $t_1$ ) и при противоходе ( $t_2$ ) (см. рис. 1.)

Цель настоящей работы - определение указанных параметров движения звука от источника до приемника.

Эту задачу для ультразвуковых волн можно рассматривать в приближениях механики [1], т.е. рассматривать движение звука как движение шара, движущегося без сопротивления и имеющего собственную ( $C$ ) и переносную ( $V$ ) скорости (см. рис.1). На рис. 1. А, Б - точки расположения на стенках трубы источника (А) и приемника (Б);  $\alpha$  - «угол вылета» звука из источника, такой, при котором при данных параметрах скорости звука и воды звук (шар),

вышедший из точки А, попадает в точку Б;  $\beta$  - угол между прямой АБ и перпендикуляром к оси трубы;  $s$  – траектория движения звука из точки А в точку Б.

В задаче используются следующие системы координат (СК): СК<sub>Т</sub> – связана с распределением скоростей в потоке, который обычно симметричен, СК<sub>1</sub> – связана с точкой А с направлениями осей по потоку и перпендикулярна потоку и СК<sub>АБ</sub> – связана с прямой из точки А в точку Б. – ОХ по АБ, и соответственно У – перпендикулярна АБ.

В СК<sub>АБ</sub>, проекции суммарной скорости будут равны

$$V_x = C \cdot \cos \alpha + V_B \cdot \sin \beta \quad (1)$$

$$V_y = C \cdot \sin \alpha - V_B \cdot \cos \beta \quad (2)$$

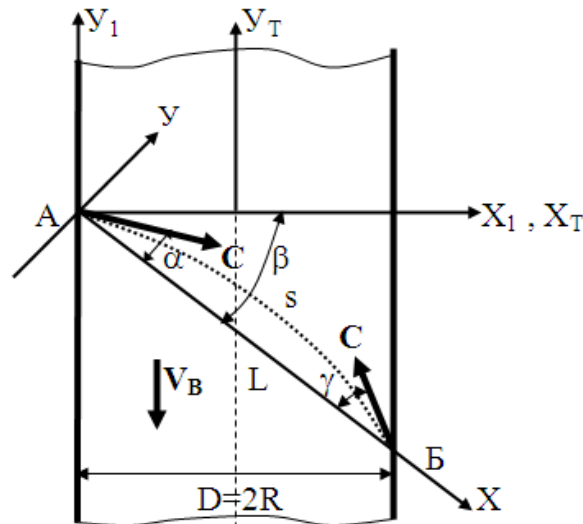


Рис. 1 - Схема к определению траектории движения ультразвука в воде в механическом приближении

Из (1) и (2) следует, что координаты движущегося тела в СК<sub>АБ</sub> X и Y равны

$$X = \int_0^t V_x dt = \int (C \cdot \cos \alpha + V_B \cdot \sin \beta) \cdot dt \quad (3)$$

$$Y = \int_0^t V_y dt = \int (C \cdot \sin \alpha - V_B \cdot \cos \beta) \cdot dt \quad (4)$$

Причем, если тело из точки А попадает в точку Б, то в точке Б должно быть  $X = L$  и  $Y = 0$  и  $t = t_1$ . Также, учитывая, что C постоянно, то окончательно (3) и (4) можем записать в виде

$$X = C \cdot \cos \alpha \cdot t_1 + \int V_B \cdot \sin \beta dt = L \quad (5)$$

$$Y = C \cdot \sin \alpha \cdot t_1 - \int V_B \cdot \cos \beta dt = 0 \quad (6)$$

При этом из проекции скорости звука на ось ОХ<sub>1</sub> непосредственно получаем время прохождения звука из точки А в точку Б по ходу движения воды

$$t_1 = D / C \cdot \cos(\beta - \alpha) \quad (7)$$

Соответственно, при движении звука по противоходу с углом вылета  $\gamma$  можем записать

$$t_2 = D / C \cdot \cos(\beta + \gamma) \quad (8)$$

Т.к. скорость воды V в общем случае переменна, т.е. является некоторой функцией X<sub>1</sub>, то для анализа интегралов (5) и (6) сделаем замену переменных по формуле, аналогичной (7)

$$dt = dx_1 / C \cdot \cos(\beta - \alpha) \quad (9)$$

или получим

$$X = (1 / \cos(\beta - \alpha)) \cdot [\cos \alpha \cdot D + \sin \beta \cdot \int (V_B / C) dx_1] \quad (10)$$

$$Y = (1/\cos(\beta-\alpha)) * [\sin\alpha * D - \cos\beta * \int (V_B/C) dx_B] \quad (11)$$

В (10) и (11) пределы интегрирования изменяются уже от 0 до D. Рассмотрим примеры, когда скорость постоянна и распределена по параболическому закону.

Для случая постоянной скорости, из (11) следует, что на всем пути от точки А до точки Б, член  $[\sin\alpha * D - \cos\beta * \int (V_B/C) dx_B]$  равен нулю, или точка движется по прямой и  $\alpha$  определяется из уравнения

$$C * \sin\alpha - \cos\beta * V_B = 0 \quad (12)$$

Для случая, когда  $V_B$  распределено по параболическому закону относительно оси трубы, или, в СК<sub>1</sub>

$$V_B = V_m * (1 - ((X_B - R)/R)^2) \quad (13)$$

здесь  $V_m$  – максимальная скорость на оси трубы и  $X_1$  изменяется в пределах от 0 до D. Подставляя (13) в (10) и (11) и беря интеграл, получаем для точки Б

$$X = (1/\cos(\beta-\alpha)) * D \{ \cos\alpha + (2/3)(V_m/C) \sin\beta \} = L \quad (14)$$

$$Y = (1/\cos(\beta-\alpha)) * D \{ \sin\alpha - (2/3) * (V_m/C) * \cos\beta \} = 0 \quad (15)$$

Итак, при симметричном параболическом распределении скоростей в потоке угол вылета  $\alpha$  тела относительно прямой АБ определяется из уравнения

$$\sin\alpha = (2/3) * (V_m/C) * \cos\beta \quad (16)$$

Анализ движения тела при противоходу показывает, что  $\gamma = \alpha$ , или угол вылета при противоходу будет равен углу вылета по ходу. На рис. 2 показана траектория движения тела по ходу для случая параболического распределения скоростей, причем траектория определялась из численного решения уравнений (10) и (11).

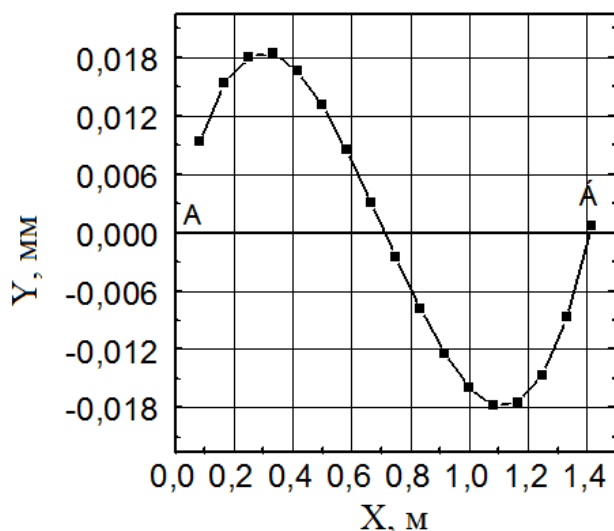


Рис. 2 - Траектория движения звука в механическом приближении, для параболического распределения скорости движения воды в трубе, для  $D = 1$  м и  $\beta = 45^\circ$

Полученные зависимости могут быть использованы при калибровке ультразвуковых расходомеров.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Блохинцев Д.И. Акустика неоднородной движущейся среды. - М.: Наука, 1981. – 207 с.
2. Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У. Устройство для измерения распределения расхода воды. Авторское свидетельство № 1789864 от 22.09.1992 г.

## МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ МЕЖДУРЕЧЕНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

*Е. Курбанбаев, С.Е. Курбанбаев*  
(КК филиал НИИИВП при ТИИМ)

Несмотря на незначительную глубину Междуреченского водохранилища, оно имеет большое значение для дельтовой части, так как из него питается водой вся Муйнакская зона, Рыбачий и Муйнакский заливы, Думалакская система озер и др.

При проектировании комплекса сооружений Междуреченского водохранилища было разработано несколько вариантов выбора видов и конструкций, но, несмотря на это, в настоящее время не обеспечена безопасность эксплуатации этого водоема. До сегодняшнего дня не найдено технического решения по строительству Водосбросного регулятора, рассчитанного на расход воды 360 м<sup>3</sup>/с, Бокового водослива и других сооружений, которые будут обеспечивать долговечность и техническую надежность эксплуатации. В связи с незаконченностью основных гидротехнических сооружений ежегодно создается критическая ситуация и связанный с этим вынужденный прорыв северной дамбы.

При современном техническом уровне водохозяйственных объектов (головные сооружения каналов, водовыпуски, естественные прорывы и др.) безаварийный суммарный попуск воды через Междуреченское водохранилище не превышает 300–350 м<sup>3</sup>/с.

Междуреченское водохранилище, как основная регулирующая емкость для остальных водоемов, находится в аварийном состоянии и, когда расход воды превышает 400–450 м<sup>3</sup>/с в створе Кызылджар, возникает необходимость осуществления сброса через северную дамбу.

### *Основные гидравлические характеристики Междуреченского водохранилища*

В зависимости от водности года площадь водохранилища колеблется от 1,0 (маловодные годы), до 34,0 тыс. га (многоводные годы). Источником для детальной оценки основных гидравлических характеристик Междуреченского водохранилища послужили результаты проведенной съемки местности ННО «Эко Приаралье» и Каракалпакского филиала НПО «САНИИРИ». На основе этих материалов была составлена карта изобат и по ней же определены соответствующие площади и объемы воды для различных горизонтов (рис. 1, 2).

На основе этих материалов были установлены объемы водохранилища при различных отметках:

56,0 м БС – 110,0 млн м<sup>3</sup>  
57,0 м БС – 140,0 млн м<sup>3</sup>  
57,5 м БС – 150,0 млн м<sup>3</sup>.

Величину нормального эксплуатационного горизонта на современный уровень при отметке дамбы 58,0–58,5 м можно принимать равной 57,4 м (после доведения отметки дамбы до проектных 59,0 м горизонт воды можно поднять до 57,5–58,0 м).

На первом этапе можно считать, что нет необходимости строительства Водосбросного сооружения, так как оно практически значимой роли в регулировании водного режима Междуреченского водохранилища не играет (эти средства необходимо тратить на наращивание Бокового водослива).

### **Первоочередные мероприятия в зоне Междуреченского водохранилища:**

1. Одновременно со строительством Бокового водохранилища (его строительство будет длиться 1,5–2,0 года) необходимо произвести расширение русла II–прорезей и довести их суммарную пропускную способность до 450 м<sup>3</sup>/с. При этом, нельзя допускать углубление дна этих прокопов ниже 56,0 м (увеличение их пропускной способности необходимо осуществлять путем расширения русла).

2. Произвести реконструкцию русла канала Главмясо и увеличить его пропускную способность до 44 м<sup>3</sup>/с (до проектных размеров). Хотя головное сооружение рассчитано на 44 м<sup>3</sup>/с и находится в хорошем техническом состоянии, само русло канала не пропускает расход воды больше 10–12 м<sup>3</sup>/с. После реконструкции появится возможность увеличить подачу воды в Муйнакский залив и, следовательно, увеличить объем полезно используемой воды.

3. Увеличить пропускную способность водовыпускного сооружения из Рыбачьего залива и, тем самым, обеспечить систематическую подачу воды в канал Маринкин узак.

Вышеперечисленные три вида работ не требуют больших затрат (в основном, это земляные работы), но их завершение дает возможность увеличения величины сброса воды из емкости до 600–650 м<sup>3</sup>/с.

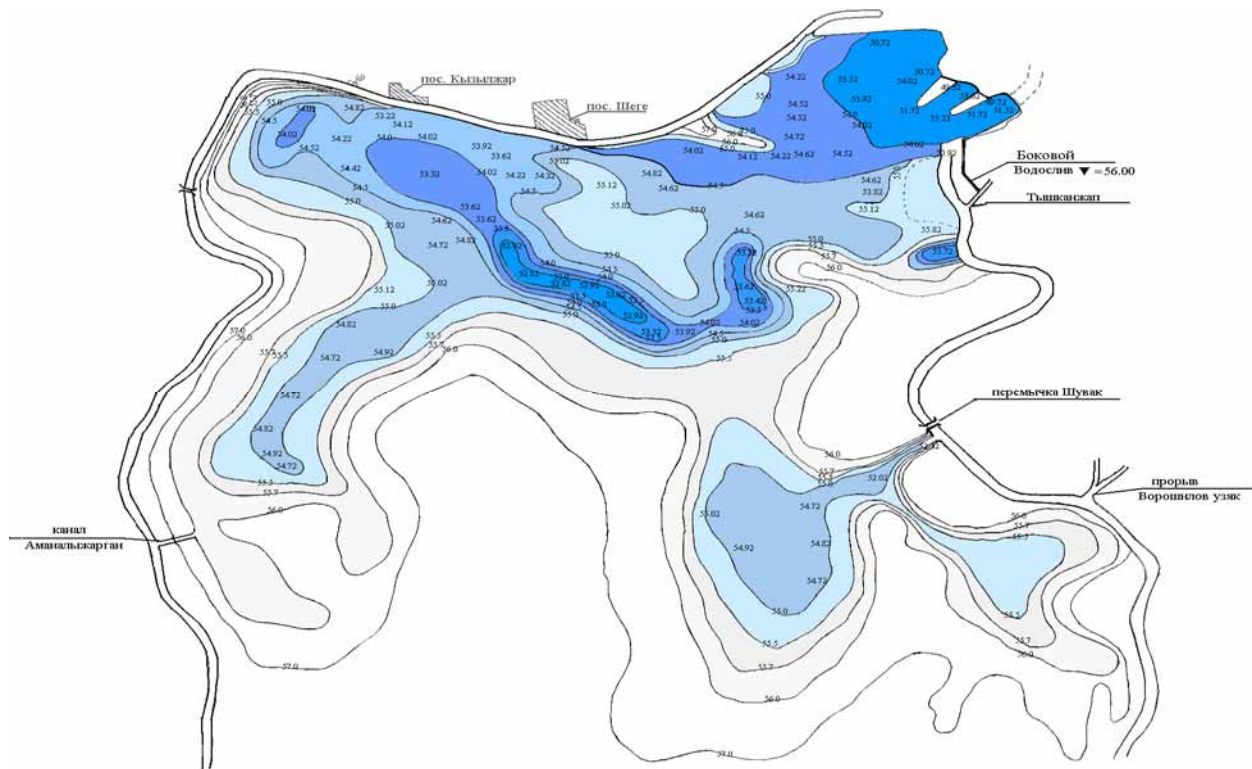


Рис. 1 – План Междуреченского водохранилища в изобатах

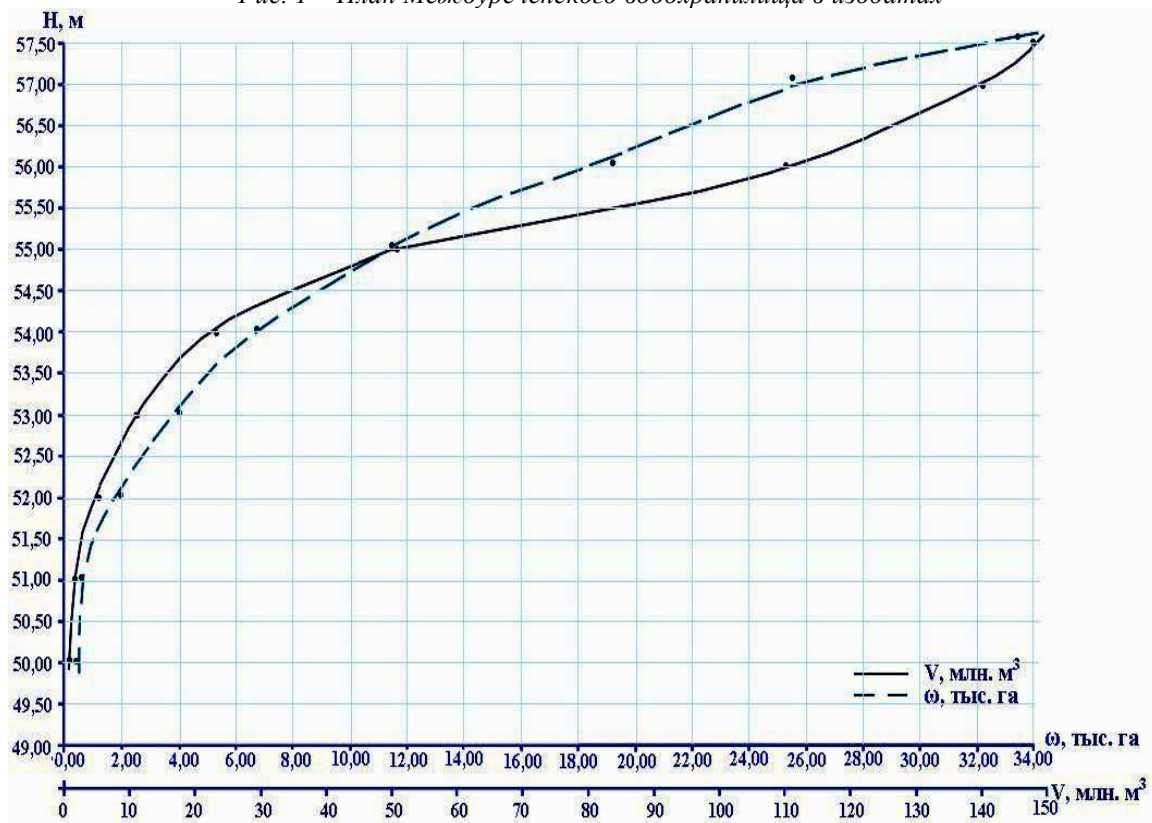


Рис. 2 – Кривые зависимости  $V=f(H)$  и  $\omega=f(H)$  Междуреченского водохранилища

Основные мероприятия и предложения по выбору параметров и очередность строительства:

а) выбор основных параметров комплекса Междуреченского водохранилища.

Нормальным эксплуатационным горизонтом воды в водохранилище можно принимать отметку 57,4 м, а после завершения работ по реконструкции дамб до отметки 59,0 м можно увеличить наполнение до 58,0 м (хотя это опасно).

В настоящее время отметки дамб находятся на уровне 58,3–58,5 м. Подъем уровня воды в водохранилище выше 57,4 м представляет определенную опасность, связанную с прорывом дамб, а, самое главное, в этих условиях сильно увеличивается расход воды на испарение и транспирацию (за счет мелководной части). Поэтому на период ближайших 10–15 лет отметку горизонта воды в водохранилище равную 57,4 м можно принимать за оптимальную.

Отметку порога Бокового водослива необходимо принимать равной 56,0 м, исходя из следующих соображений:

1. Увеличивается пропускная способность водослива до 1670 м<sup>3</sup>/с (на отметке порога 57,0 м её величина не превышает 650 м<sup>3</sup>/с).

2. В какой-то степени будет обеспечена безопасность системы сооружений на Междуреченском водохранилище.

3. При этом достигается значительное снижение напора (перепад) верхнего и нижнего бьефов и, соответственно, снижение скорости течения, тем самым обеспечивается безопасность размыва нижнего бьефа.

4. В случае необходимости наращивания высоты порога Бокового водослива выше 56,0 м, можно использовать отдельные, съемные бетонные блоки.

б) проведение строительных работ в зоне Междуреченского водохранилища.

В настоящее время первоочередным мероприятием, намечаемым в зоне водохранилища на первом этапе, является увеличение пропускной способности комплекса водовыпускных сооружений и объектов как:

- завершение строительства Бокового водослива;

- расширение русла II-прорезей;

- реконструкция русла канала Главмясо и, тем самым, увеличение расхода воды в нем до 44 м<sup>3</sup>/с;

- увеличение водовыпускной способности Рыбачьего залива и, соответственно, повышение подачи воды в русло канала Маринкин Узак.

Эти четыре мероприятия должны стать приоритетными объектами первого этапа строительства. На втором этапе необходимо приступить к реконструкции северной и восточной дамб с доведением их отметок до уровня 59,0 м. Без завершения первого этапа, т.е. без увеличения водовыпускной способности вышеперечисленных объектов реконструкция не даст ожидаемых результатов.

УДК 631.672.33

## **СОЗДАНИЕ МАЛЫХ ЛОКАЛЬНЫХ ВОДОЕМОВ В РЕСПУБЛИКЕ КАРАКАЛПАКСТАН**

*Е. Курбанбаев, О.Ю. Каримова, С.Е. Курбанбаев*  
(КК филиал НИИИВП при ТИИМ)

*В статье рассматривается возможность создания малых фермерских водоемов, предназначенных как для накопления воды, так и для использования в качестве емкостей для разведения рыбы и ондатры.*

В 1950-1960 годы в пределах орошаемой территории существовали многоводные озерные системы небольшой емкости. С одной стороны, они считались экологическими объектами, пригодными для разведения рыбы и ондатры, со своей флорой и фауной, а с другой стороны, они являлись полезными емкостями для накопления воды, которую в последующем можно было повторно использовать для орошения в случае нехватки воды. Однако в настоящее время большинство этих водоемов стали водоприемниками для сброса коллекторных вод, а значительная

их часть, в связи с отсутствием воды, попросту высохла. Наиболее крупные и постоянно действующие озера, такие как Аязкала, Акчакуль, Каратерен, питаются, в основном, коллекторной водой. Из всех крупных озер только озеро Дауткуль, площадью 4390 га, является пресноводным, питающимся из ирригационных каналов. Имеются также водоемы, существующие в течение всего вегетационного периода, площадь которых колеблется от 400 до 1000 га. Большинство из этих озер питаются за счет коллекторного стока, остальные многочисленные озера, площадью от 10 до 200 га, в основном мелководные, большая часть которых высыхает в маловодные годы.

Большинство крупных озер, сохранившихся в настоящее время, имеют следующие особенности, в той или иной степени затрудняющие отбор воды из них:

- они расположены в хвостовых частях ирригационных каналов, т.е. за пределами орошаемых земель;
- эти водоемы расположены на низких отметках, и самотеком извлечь из них воду на орошаемые площади невозможно;
- многие озера, которые питаются коллекторной водой, имеют высокую минерализацию воды и большинство из них непригодны для повторного использования;
- для наполнения этих озер отсутствует пресная вода и, в техническом отношении, нет возможности её подачи;
- в целях повторного использования требуется (там, где возможно) строительство новых подводящих и отводящих ирригационных каналов и насосных установок;
- происходит непрерывное колебание уровня воды в этих водоемах, что затрудняет отбор воды из них, т.е. возникает вопрос, связанный с эксплуатацией насосных установок.

Очевидным становится тот факт, что в настоящее время обеспечить нормальный режим больших озер, площадь которых превышает 500 га, как по объему подаваемой воды, так и по качеству не представляется возможным. Следовательно, возникает необходимость строительства малых локальных водоемов на территории орошаемых земель.

Основным назначением этих водоемов является создание запасов воды в многоводные годы или в невегетационный период, когда имеются в наличии излишки пресной воды. Также эти водоемы можно использовать в качестве прудовых хозяйств для разведения рыбы и ондатры.

Малая емкость-накопитель должна иметь минимальный размер площади 60x400, 60x600, но с максимальной глубиной 5-6 м и объемом 130,0–200,0 тыс. м<sup>3</sup> (рис. 1). При этом обеспечиваются экономия площади зеркала воды и минимум затрат на испарение. Эти водоемы можно использовать как накопители воды для повторного использования, т.е. для орошения, так и, одновременно, для разведения рыбы и ондатры.

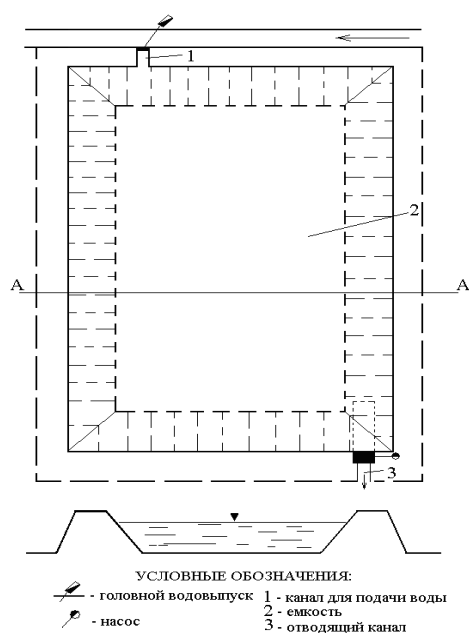


Рис. 1 – План водоема – накопителя и его поперечный профиль по А-А

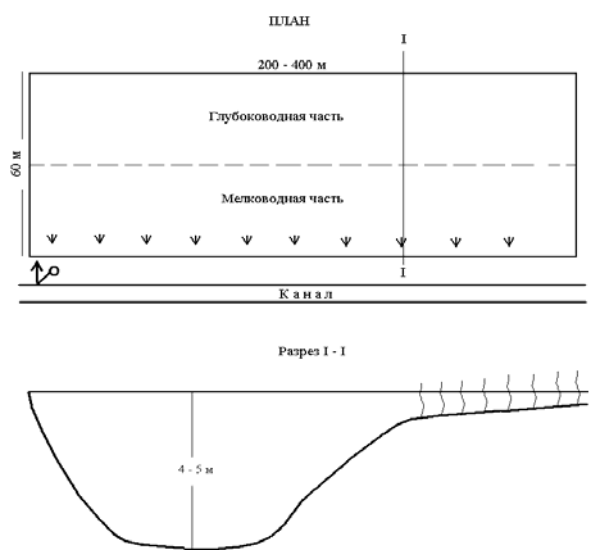


Рис. 2 – План искусственного пруда с целью повторного использования и разведения рыбы и разрез I-I

При совмещении их в качестве прудового хозяйства, с одной стороны отделяется пологий берег и осуществляется посадка тростника для нагульной зоны. Такие емкости можно реализовать для одного или нескольких объединившихся фермерских хозяйств.

Основной целью строительства таких малых водоемов является покрытие дефицита воды в критические периоды (маловодные годы) и обеспечение водой 1 и 2 поливов за однократное наполнение. Однократное наполнение таких емкостей объемом 130,0-150,0 тыс.м<sup>3</sup> может обеспечить орошение хлопчатника в маловодные годы на площади 85-100 га. В многоводные годы эти емкости могут быть использованы в виде прудов для разведения рыбы и ондатры, а при необходимости могут стать дополнительным источником, который сможет обеспечить водой еще 50-60 га овоще-бахчевых культур. Желательно такие емкости строить для каждого фермерского хозяйства в отдельности (если есть такая возможность).

На песчаных грунтах с глубоким залеганием уровня грунтовых вод в целях снижения вертикальной фильтрации необходимо создать глинистый раствор по всему периметру емкости-накопителя.

На территории северных районов Республики Каракалпакстан имеется реальная возможность организации строительства таких экспериментальных малых емкостей-накопителей.

#### *ЛИТЕРАТУРА:*

1. Водоемы низовьев Амударьи / Барханскова Г.М., Павловская Л.П. и др. – Нукус, 1963.
2. Курбанбаев Е.К. Проблема Арала и Приаралья // Материалы Международного семинара «Экологические факторы и здоровье матери/ребенка в регионе Аральского кризиса». - Ташкент: Фан, 2001.

УДК 631.621

## **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ РЕСПУБЛИКИ КАРАКАЛПАКСТАН**

*Е. Курбанбаев, С. Курбанбаев*  
(КК филиал НИИИВП при ТИИМ)

*В статье приводятся результаты исследований по выбору оптимального положения уровня грунтовых вод, обеспечивающего получение высоких урожаев при наименьших затратах водных ресурсов.*

Анализ многолетних материалов по уровню залегания грунтовых вод показывает, что в 1950–1955 годы уровень грунтовых вод находился глубоко от поверхности земли (10-12 метров). В последующие годы освоение новых земель, в свою очередь, привело к постепенному подъему уровня грунтовых вод. Основной причиной такого подъема являлся избыточный водозабор, достигающий 20 тыс. м<sup>3</sup> на удельный гектар площади и недостаточность или вообще отсутствие коллекторно-дренажных систем. К периоду 1965-1970 годов уровень грунтовых вод поднялся до критического уровня и достигал 1,20-1,50 м от поверхности земли, тем самым активно участвовал в почвообразовательном процессе, вызывая засоление земель. Практически, близкое залегание уровня грунтовых вод продолжалось длительное время с 1980 по 2012 гг. (рис. 1).

С наступлением периода маловодных лет (с 2000 года), и за счет сокращения поступления воды на единицу площади произошло повсеместное понижение уровня грунтовых вод. Как видно из рис. 1, в маловодные 2000–2002 гг. уровень грунтовых вод понизился до 4,5-5,5 метров и это, в свою очередь, создало определенные трудности в связи с иссушением верхнего слоя почвы.

С другой стороны, согласно Государственной программе по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель, начиная с 2007 года, были осуществлены большие объемы работ по реконструкции коллекторов как межрайонных, так и внутрихозяйственных. В результате осуществления этих работ произошло повсеместное понижение уровня грунтовых вод. Даже в многоводные годы уровень грунтовых вод не поднимался до критического уровня.

В связи с понижением уровня грунтовых вод ниже критической отметки (более 3 м) в отдельных районах возникали определенные трудности, связанные с резким снижением влажности



верхнего слоя почвы. Когда уровень грунтовых вод находился в пределах 1,5-1,6 метров от поверхности почвы, растение почти 50 % влаги получало из грунтовых вод, хотя при этом и происходило сезонное накопление солей, которые ежегодно удаляли путем проведения промывных поливов.

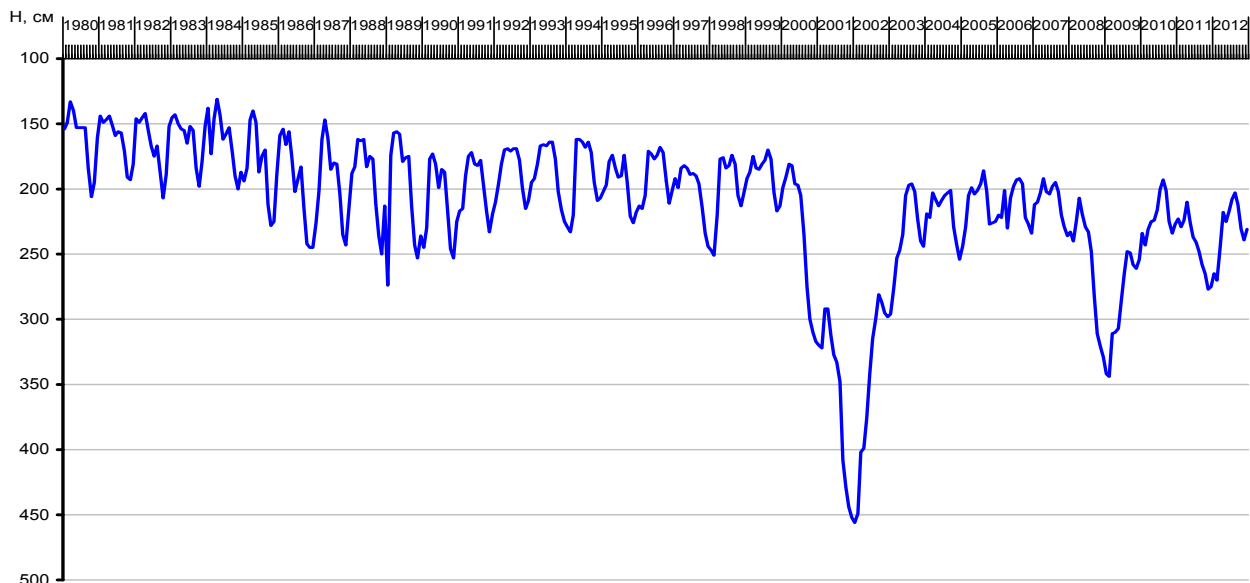


Рис. 1-График колебания среднемесячных уровней грунтовых вод за период 1980-2012 годы по Республике Каракалпакстан

Обычно связь между водопотреблением растений и уровнем залегания грунтовых вод можно выразить через коэффициент подпитывания ( $\alpha_n$ ),

$$\alpha_n = 1 - \frac{I_z}{I_0}$$

Где:  $I_z$  - испарение из грунтовых вод;  $I_0$  – испаряемость.

Норму водопотребления с учетом подпитывания корнеобитаемого слоя почв грунтовыми водами при этом можно определить по выражению:

$$M_0 = M\alpha_n$$

Где:  $M$  – норма водопотребления без учета подпитывания.

На основании опытных данных проводимых на территории орошаемых земель Республики Каракалпакстан исследований были составлены кривые зависимости  $M_0 = f(H)$  (рис. 2).

Как видно из рис. 2, для нормальной работы механизмов при проведении агротехнических мероприятий считается оптимальным поддержание уровня грунтовых вод в пределах 140-145 см от поверхности почвы. При такой глубине залегания грунтовых вод величина оросительной нормы колеблется в пределах 3500-4200 м<sup>3</sup>/га, что соответствует современным условиям.

Безусловно, при понижении уровня грунтовых вод в маловодные годы и в перспективе будет снижаться долевое участие грунтовых вод в водопотреблении сельскохозяйственных культур и, соответственно, потребуются подача дополнительного объема воды.

На основании многолетних данных колебания уровня грунтовых вод был определен характер изменения уровня грунтовых вод в годы различной водообеспеченности. По этим данным самым многоводным оказался 2010 г., годом средней водообеспеченности являлся 2009 г., а маловодным – 2001 г. (за период 2000–2012 гг.). В табл. 1 приведены данные изменения уровня грунтовых вод в годы различной водообеспеченности.

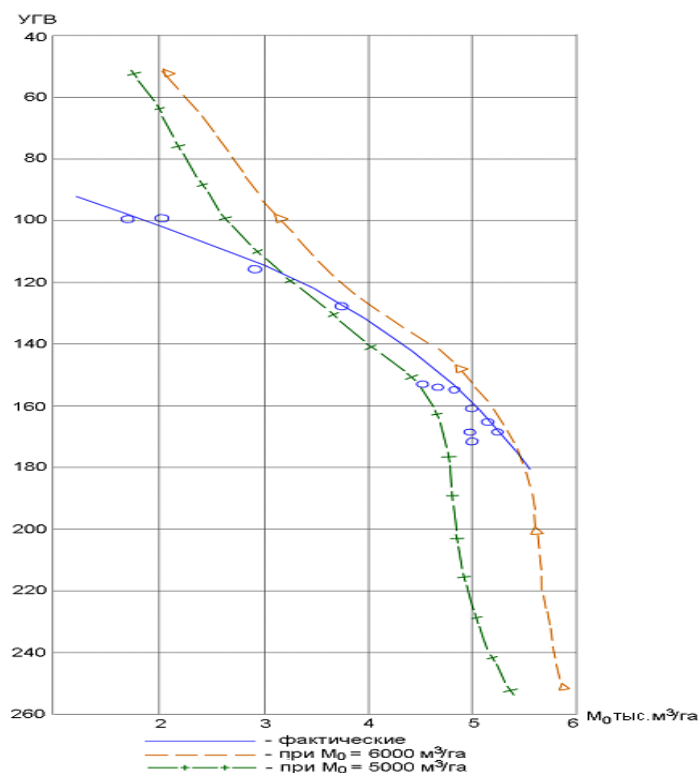


Рис. 2 – Изменение оросительной нормы при различных значениях уровня грунтовых вод

Таблица 1 – Изменение уровня грунтовых вод в годы различной водообеспеченности

Показатели	Среднегодовой УГВ, см		УГВ за вегетацию, см		Разница, м	
	см	разница	см	разница	сред.год. В <sub>1</sub> /В <sub>2</sub>	за вегет. В <sub>1</sub> /В <sub>3</sub>
Многоводный (В <sub>1</sub> ) 2010 г.	221	000	210	000	000	000
Средневодный (В <sub>2</sub> ) 2009 г.	286	65	277	67	1,29	1,31
Маловодный (В <sub>3</sub> ) 2001 г.	357	136,0	336	126,0	1,61	1,60

Как видно из табл. 1, за вегетационный период в многоводные годы уровень грунтовых вод держался на уровне 210 см, в годы средней водообеспеченности он снижался на 67 см, а в маловодные годы до 126 см. Такое понижение уровня грунтовых вод в свою очередь приводит к увеличению оросительных норм. При этом, с учетом фактора колебания уровня грунтовых вод приходится вносить соответствующие коэффициенты к величине оросительных норм (относительно к средней водообеспеченности):

- годы средней водообеспеченности                    0,00
- многоводные годы                                        0,76
- маловодные годы                                         1,21

Однако в маловодные годы увеличивать величину оросительной нормы с учетом поправки равной 1,21 не представляется возможным. Решение этого вопроса может быть осуществлено путем создания искусственного подпора коллекторов второго и третьего порядка, обеспечивая, тем самым, подъем уровня грунтовых вод.

Для этого необходимо внести поправки в проект реконструкции коллекторов с учетом вышеизложенных положений. Это, в свою очередь, дает возможность экономии капитальных вложений, расходуемых в настоящее время на реконструкцию коллекторов, и сокращения величины удельного водозабора на единицу площади.

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Орошаемое земледелие. – Ташкент: Узбекистан, 1965.
2. Вопросы орошения в низовьях Аму-Дарьи: Труды Арало-Каспийской комплексной экспедиции. – М., 1956.
3. Ерхов Н.С., Ильин Н.И. Мелиорация земель. – М., 1991.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛЕКТОРНЫХ ВОД ДЛЯ ОБВОДНЕНИЯ ПАСТБИЩНО-СЕНОКОСНЫХ УГОДИЙ В ДЕЛЬТЕ РЕКИ АМУДАРЬИ

*Е. Курбанбаев, С.Е. Курбанбаев, О.Ю. Каримова  
(КК филиал НИИИВП при ТИИМ)*

*Объем коллекторно-дренажных вод в благоприятные годы в низовьях реки Амударьи достигает 6 км<sup>3</sup> в год. Эти воды можно использовать как для промывки сильно засоленных земель, так и для обводнения пастбищно-сенокосных угодий.*

*В статье приведены требования к воде, применяемой для различных целей (воспроизводство рыбы, разведение ондатры, сохранение тростниковых зарослей и т.д.)*

*Приведена качественная характеристика современного состояния коллекторных вод в годы различной водообеспеченности.*

*Даны предложения по использованию коллекторно-дренажных вод для орошения пастбищно-сенокосных угодий, а также по необходимости их аккумуляции в естественных и искусственных водоемах.*

*Приведена схематическая карта районирования северной зоны Республики Каракалпакстан по пригодности коллекторных вод на орошение и обводнение озер.*

Большую перспективу имеет использование коллекторных вод для обводнения расположенных на границе орошаемых земель пастбищно-сенокосных угодий. Это возможно путем создания искусственного подпора в концевых участках коллекторов (за пределами влияния орошаемых земель), а эти воды можно использовать как водоемы для разведения рыбы, ондатры и организации зоны пастбищно-сенокосных угодий).

По данным многолетних опытов и исследований для обеспечения нормального развития рыбоводства, ондатроводства и растений (тростника) необходимы следующие условия:

а) для воспроизводства рыбы:

- минерализация воды до 5000 мг/л;
- глубина воды 1,5 м;
- допустимая максимальная зарастаемость 25–30 %;
- содержание кислорода не менее 4–5 O<sub>2</sub> мг/л;
- рН – 7,0–7,5.

б) для разведения ондатры:

- минерализация воды 1000–3000 мг/л;
- глубина воды 1,5 – 2,0 м;
- колебание уровня воды 30 – 100 см.

в) для сохранения и рационального использования тростниковых зарослей:

- регулярное (или разовое) затопление;
- минерализация воды 3000–20000 мг/л.

В целом, коллекторные воды даже в маловодные годы можно использовать для обводнения озер и пастбищно-сенокосных угодий в дельтовой части реки Амударьи. Для этого необходимо создать технические решения для накопления этих вод в естественных и искусственных водоемах.

Данные по расходам воды, объемам стока и минерализации коллекторных вод по всем коллекторам получены на границе орошаемых земель. Ниже этих створов практически отсутствуют площади орошаемых земель, и весь сток может быть использован для наполнения озер, орошения пастбищно-сенокосных угодий и частично вода сбрасывается в естественные понижения, старые русла и на осушенное дно моря.

По данным многих исследований (Усманов А.У., Якубов Х.И., Рамазанов А.Р. и др.) для обводнения пастбищно-сенокосных угодий минерализация воды не должна превышать 3,5–4,0 г/л. Для озерных систем, там, где разводится рыба, предъявляются более жесткие требования, т.е. минерализация до 2,0 г/л и полное отсутствие содержания тяжелых металлов, ядохимикатов и других биологических загрязнений.

Анализ многолетних данных по коллекторным стокам (межрайонным) показывает, что качество воды (по минерализации) в многоводные и годы средней водности можно отнести к пригодным для обводнения пастбищно-сенокосных угодий. Однако при использовании коллекторных вод для обводнения озер, в которых разводится рыба, необходимо создать проточность со смешением с пресной водой.

В настоящее время воды крупных коллекторов (КС-1, КС-3, ККС) частично повторно используются для обводнения озер и пастбищно-сенокосных угодий.

Коллекторные воды коллектора ГЮКК и КС-4 отводятся далеко за пределы орошаемых земель и сбрасываются на осушенное дно и местные понижения. В табл. 1 приведены основные характеристики межрайонных коллекторов Республики Каракалпакстан.

Таблица 1 – Основные характеристики межрайонных коллекторов  
(в годы средней водообеспеченности)

Наименование коллектора	Фактический объем стока, тыс.м <sup>3</sup> (средний)	Минерализация коллекторных вод, г/л	
		вегетационный период	не вегетационный период
ККС	459,11	4,252	3,556
КС-1	242,4	3,656	4,331
КС-3	124,7	4,692	5,444
КС-4	68,95	2,962	2,638
ГЮКК	620,10	2,951	3,412
ИТОГО:	1515,26		

Как видно из данных табл. 1, годовой объем стока отводимых за пределы орошаемых земель коллекторных вод в годы средней водообеспеченности составляет 1515,2 млн м<sup>3</sup> в год.

Из этого объема в настоящее время весь сток коллекторов ККС, КС-1, КС-3 используется для обводнения озерных систем, а часть стока сбрасывается на осушенное дно и местные понижения и практически не используется. Коллекторные воды любой минерализации (до 10–15 г/л) можно использовать для обводнения озер и пастбищно-сенокосных угодий, расположенных за пределами орошаемой зоны.

На рис. 1 приведена схематическая карта районирования северной зоны Республики Каракалпакстан по пригодности коллекторных вод на орошение и обводнение озер.

В заключение можно отметить, что в зоне формирования стока (Ферганская долина и др.) коллекторные воды имеют слабую минерализацию и вполне пригодны для орошения солеустойчивых культур (с условием систематической проверки качества этих вод). В низовьях рек Амударьи и Сырдарьи (Республик Каракалпакстан, Хорезмская область и Дашхувузский вেলাят Туркменистана) коллекторные воды имеют высокую минерализацию и плохое качество, поэтому эти воды можно использовать только в исключительных случаях.

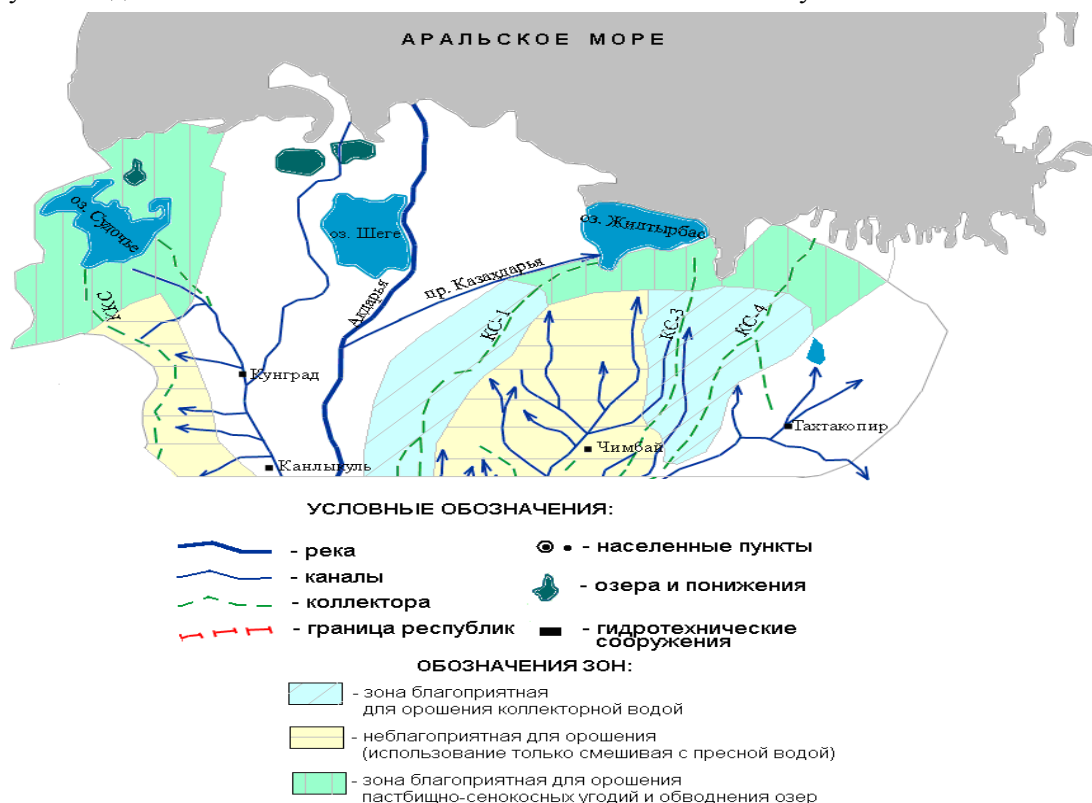


Рис. 1 - Схематическая карта районирования северной зоны Республики Каракалпакстан по пригодности

## РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА МЕЖДУРЕЧЕНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

**С.Е. Курбанбаев**  
(КК филиал НИИИВП при ТИИМ)

В зависимости от срока завершения строительства гидротехнических сооружений регулирование водного режима Междуреченского водохранилища можно осуществлять на 3-х уровнях.

*Первый уровень (современное состояние).*

Величина суммарной водовыпускной способности гидротехнических сооружений на Междуреченском водохранилище составляет 222 м<sup>3</sup>/с при отметке горизонта воды 56,6 м, а при критической отметке (57,4 м) она возрастает до 358 м<sup>3</sup>/с.

При поступлении расхода воды через гидроствор Кызылджар в пределах 360–400 м<sup>3</sup>/с (из них 60 м<sup>3</sup>/с забирает Казахдарьинский проток) основную долю расхода воды можно пропускать через II-прорези (табл. 1).

Таблица 1 – Расчет водовыпускной способности водовыпускных сооружений из Междуреченского водохранилища при полном его наполнении – 57,4 м

Объекты	Максимальная водовыпускная способность (по проекту, м <sup>3</sup> /с)	I уровень (современное состояние факт., м <sup>3</sup> /с)		После реконструкции и строительст-ва, м <sup>3</sup> /с		Примечание
		Зимний режим при отметке 56,6 м	Летний режим при отметке 57,4 м	II уровень	III уровень	
Канал Главмясо	44,0	12,0	18,0	44,0	44,0	После увеличения пропускной способности кан. Главмясо
Канал Маринкин Узьяк	43,0	40,0	50,0	50,0	50,0	После увеличения пропускной способности из залива Рыбачий
II-прорези	-	128,0	210,0	450,0	450,0	После очистки
Прорыв Тышкан Узьяк и мелкие водовыпуски	-	40,0	80,0	100,0	100,0	Путем саморазмыва
Боковой водослив	-	-	-	-	1670,0	Не завершен
<b>ИТОГО:</b>	<b>447,0</b>	<b>220,0</b>	<b>358,0</b>	<b>644,0</b>	<b>2310,0</b>	

*Второй уровень* - после реконструкции канала Главмясо с доведением расхода воды до 44 м<sup>3</sup>/с и очистки II-прорезей с увеличением их суммарного расхода воды до 450 м<sup>3</sup>/с. После завершения этих объемов работ (это, в основном, земляные работы) можно довести водовыпускную способность Междуреченского водохранилища до 644 м<sup>3</sup>/с.

*Третий уровень* - это полное завершение строительства Бокового водослива, рассчитанного на 1670 м<sup>3</sup>/с, доведение, тем самым, величины суммарного расхода до 2310 м<sup>3</sup>/с.

Расчет регулирования емкости можно осуществить в два этапа. Первый - это наполнение водохранилища до отметки 56,0, с которой начинают действовать Боковой водослив и II-прорези, объем соответствует 120 млн м<sup>3</sup>. Второй этап - наполнение между отметками 56,0–57,4 м с объемом до 150 млн м<sup>3</sup>.

### *Установление времени наполнения Междуреченского водохранилища при различных уровнях*

Как было отмечено выше, на современном уровне (первый уровень) объем поступления в чашу водохранилища воды в размере 360 м<sup>3</sup>/с (летний режим) не представляет опасности в эксплуатационном режиме (табл. 1). При расходе воды равном 360 м<sup>3</sup>/с время наполнения

составляет 8,8 суток. При переходе на второй и третий уровни, т.е. при выпуске 644 м<sup>3</sup>/с время наполнения соответственно уменьшается (табл. 2, рис. 1).

*Предложения по строительству Бортового водослива*

По характеру планового расположения и конструктивной особенности сооружения Боковой водослив можно отнести к типу подтопленного водослива с широким порогом.

Возможно, через определенное время, после сдачи в эксплуатацию, если произойдет размыв на нижнем бьефе, то он будет работать как незатопляемый, но это крайне опасно для самого водослива. Поэтому его необходимо эксплуатировать в затопленном режиме.

Исходя из этих условий, расчет воды Бортового водослива можно определить по формуле:

$Q = \varphi_n b h \sqrt{2g(H_0 - h)}$	
$\varphi_n$ - коэффициент скорости	$h$ - глубина воды
$b$ - ширина водослива	$H_0$ - напор с учетом скорости подхода

Результаты расчетов показывают, что при  $b=600$  м величина расхода воды при  $h=1,3$  м (57,4 м) составляет 1670 м<sup>3</sup>/с, а при  $h=1,0$  м (57,0 м), соответственно, 1015 м<sup>3</sup>/с.

При полном наполнении водохранилища на уровень 57,4 м максимальная расчетная величина расхода воды водослива составляет 1600-1670 м<sup>3</sup>/с.

Что можно ожидать после сдачи в эксплуатацию Бокового водослива:

1. В процессе длительной эксплуатации (может быть, даже за короткий промежуток времени) на нижнем бьефе образуется единое русло глубокой врезки, что создает опасность разрушения тела плотины.

2. Если плановое положение Бокового водослива останется на современном уровне, то при больших расходах воды будет происходить интенсивный процесс размыва правой стороны разделительной дамбы.

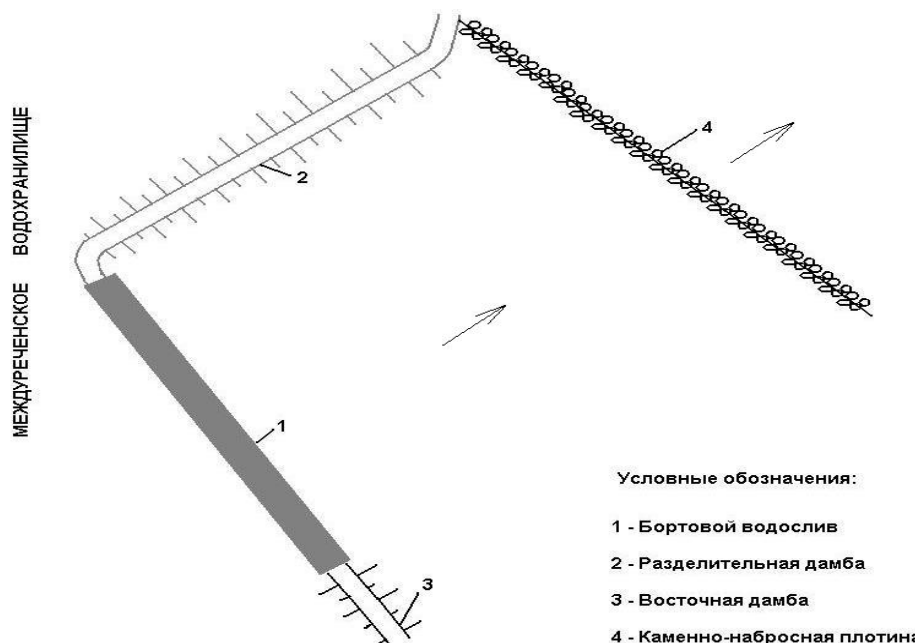


Рис. 2 - Вариант строительства второго каскада каменно-набросной плотины

При выборе конструкции и технического решения Бокового водослива основное требование - это недопущение образования единого русла на нижнем бьефе (особенно, вдоль разделительной дамбы). Для этого необходимо рассмотреть вариант строительства второго каскада каменно-набросной плотины на расстоянии 3-4 км ниже Бокового водослива с использованием камня из Муйнакского карьера (рис. 2.).

Такая компоновка обеспечит надежность и долговечность самого Бокового водослива.

Однако следует отметить, что место расположения строительства Бокового водослива выбрано крайне неудачно, так как оно находится в зоне интенсивного размыва.



Таблица 2 – Время наполнения при различных уровнях выполнения водовыпускных сооружений

при Н = 56,0 120 млн м<sup>3</sup>  
 при Н = 57,4 150 млн м<sup>3</sup>  
 испарение, первый уровень 25 млн м<sup>3</sup>

Поступление воды из реки, м <sup>3</sup> /с	Всего объем водовыпусков из водохранилища, м <sup>3</sup> /с	Объем поступления, млн м <sup>3</sup> сутки при отм. 50,0-56,0	Время накопления, сутки, при отм. 50,0-56,0	Время накопления, при отм. 56,0-57,4		Время полного наполнения, сутки при отм. 57,4	Излишний объем воды, м <sup>3</sup> /с	Примечание
				млн. м <sup>3</sup>	сутки			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1 уровень</b>								
300	280	25,92	4,6	1,73	14,5	19,1	20	закрытый режим
350	290	30,24	4	5,18	4,8	8,8	60	закрытый режим
400	290	34,56	3,5	9,5	2,6	6,1	110	закрытый режим
600	300	51,84	2,3	25,92	1	3,3	300	открытый режим
800	360	69,12	1,7	38,02	0,7	2,4	440	открытый режим
1000	400	86,4	1,4	51,84	0,5	1,9	600	открытый режим
1200	400	103,68	1,2	69,12	0,4	1,5	800	открытый режим
1400	450	120,96	1	82,08	0,3	1,3	950	открытый режим
1600	450	138,24	0,9	99,36	0,3	1,1	1150	открытый режим
1800	500	155,52	0,8	112,32	0,2	1	1300	открытый режим
2000	500	172,8	0,7	129,6	0,2	0,9	1500	открытый режим
<b>2 уровень</b>								
800	644	69,12	1,7	13,48	1,9	3,6	156	открытый режим
1000	644	86,4	1,4	30,76	0,8	2,2	356	открытый режим
1200	644	103,68	1,2	48,04	0,5	1,7	556	открытый режим
1400	644	120,96	1	65,32	0,4	1,4	756	открытый режим
1600	644	138,24	0,9	82,6	0,3	1,2	956	открытый режим
1800	644	155,52	0,8	99,88	0,3	1	1156	открытый режим
2000	644	172,8	0,7	117,16	0,2	0,9	1356	открытый режим
<b>3 уровень</b>								
2000	2310	172,8	0,7	29,38	0,9	1,5	340	открытый режим
2500	2310	216	0,6	16,42	1,5	2,1	190	открытый режим
3000	2310	259,2	0,5	59,62	0,4	0,9	690	открытый режим



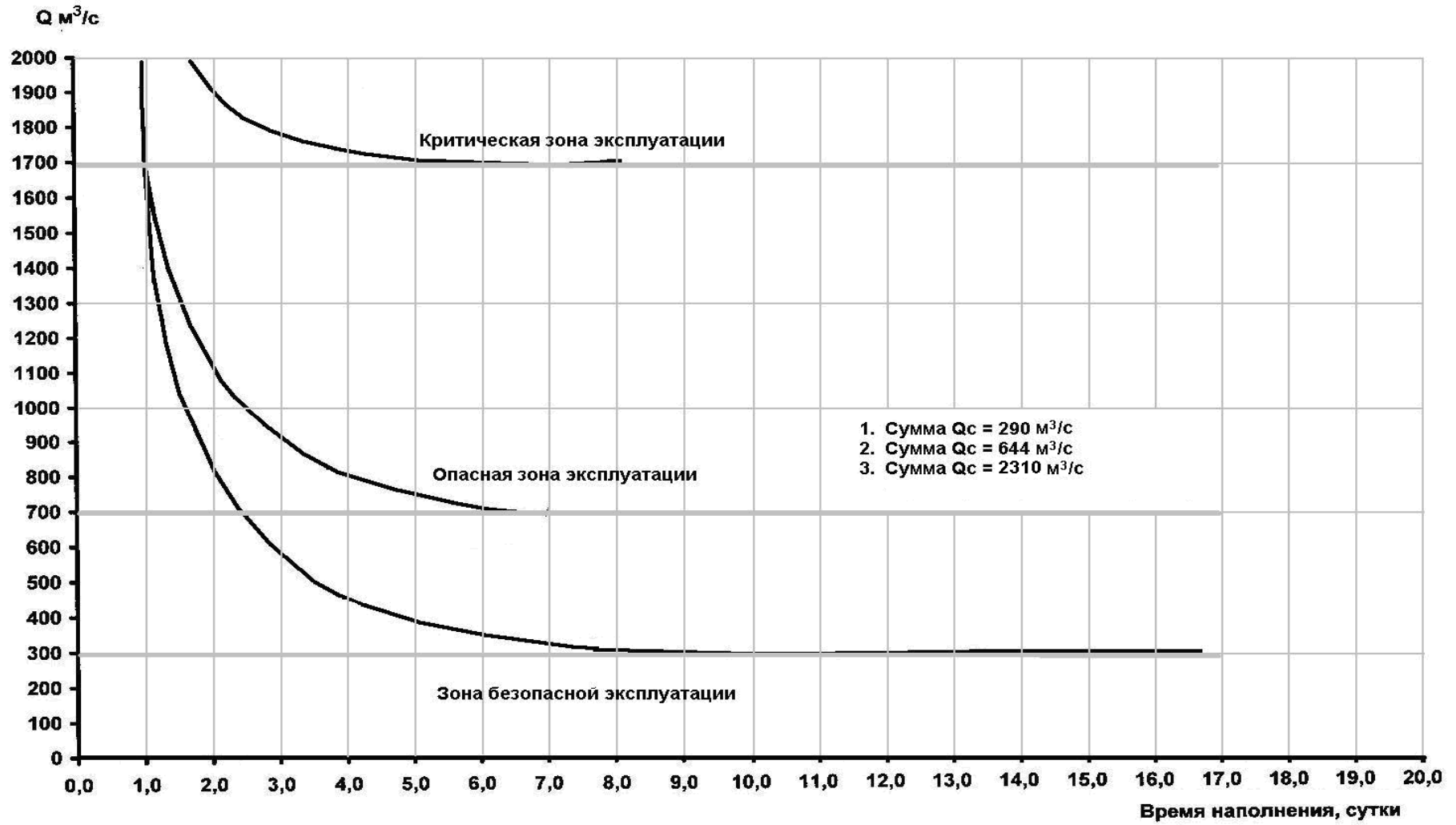


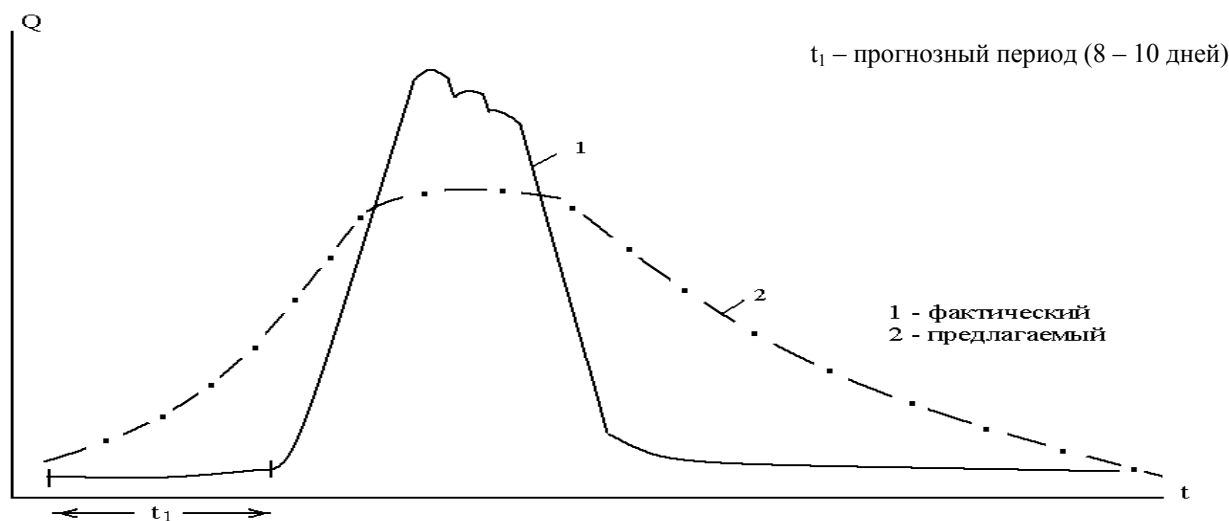
Рис. 1 - График зависимости  $t=f(\sum Q_c)$

### *Снижение величины максимальных пиковых расходов путем совместного регулирования режима работы крупных водохранилищ*

Многолетний опыт эксплуатации крупных водохранилищ (Нурекское и Туямуюнское) показывает, что имеющиеся соглашения по управлению и регулированию режима работы, как крупных водохранилищ, так и по всей длине самой реки, практически полностью не выполняются. Вследствие чего, в большинстве случаев, оба водохранилища работают в своем собственном режиме эксплуатации. Управление водой на реке Амударье со стороны БВО «Амударья» осуществляется до Тахиаташского гидроузла.

В целях обеспечения потребностей ирригации Туямуюнское водохранилище в большинстве случаев работает при наполненном режиме (в многоводные годы) и излишняя вода, поступающая в емкости, транзитом сбрасывается ниже Тахиаташского гидроузла и далее вся нагрузка выпадает на долю Междуреченского водохранилища. При этом большую опасность представляют краткосрочные пиковые сбросы ниже Туямуюнского водохранилища. Поэтому при эксплуатации Туямуюнского водохранилища необходимо учесть состояние и потребность дельтовых озер, особенно Междуреченского водохранилища, т.е. не допускать сброса разовых пиковых краткосрочных расходов воды ниже Тахиаташского гидроузла.

Для этого необходимо с опережением (с учетом времени добегания) начинать выпускать воду, создать свободную емкость и добиваться того, чтобы был срезан пик гидрографа до максимально возможных пределов (рис. 3). Выполнение такого режима должно возлагаться на БВО «Амударья» и Управление Туямуюнского водохранилища.



*Рис. 3 – Фактический и предлагаемый режимы работы Туямуюнского водохранилища*

Путем регулирования режима работы Нурекского и Туямуюнского водохранилищ можно снизить величину пиковых расходов до 15 %.

### *Строительство временного прорыва по существующей дамбе*

Это крайняя мера, которая должна обеспечить безопасность водохозяйственных объектов, расположенных на Междуреченском водохранилище. Для этого необходимо создать искусственный прорыв в целях мгновенного опорожнения емкости водохранилища при прохождении критических максимальных расходов, и после прохождения волны его восстановить. Это делается в исключительных условиях, в многоводные годы с обеспеченностью воды до 3 %.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ МЕЖРЕМОНТНОГО СРОКА СЛУЖБЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

*М.М. Мамажонов, М.М. Мухаммадиев, Х.К. Таиматов, А.А. Хидиров, С.Р. Жураев*  
(АнДСХИ, ТГТУ)

В результате интенсивной эксплуатации во многих насосных станциях мелиоративного назначения основное насосно-энергетическое оборудование, электротехнические, коммутационные, радиорелейные системы и защиты физически изношены, морально устарели, требуют замены и модернизации.

Наиболее сложным является вопрос о замене насосного оборудования, отработавшего свой нормативный срок, но еще пригодного для дальнейшей эксплуатации.

Это требует проведения специальных исследований по определению сроков различных ремонтных работ.

Многолетний опыт эксплуатации центробежных насосов насосных станций (НС) оросительных систем показал, что межремонтный срок службы их не превышает одного поливного сезона. Одной из основных причин снижения эксплуатационных параметров центробежных насосов является интенсивное изнашивание лопаток и уплотняющих зазоров рабочего колеса в гидроабразивной среде. Для получения фактического материала в течение поливного сезона изучалось изнашивание деталей центробежных насосов Д6300-80 (НС «Дустлик») и «Мустакиллик-1» и 200Д-90 (НС «Хожабосмон» Андижанского вилоята).

Характерные размеры деталей измерялись по заранее размеченным точкам с помощью специально-изготовленной индикаторной вилки, штангенциркуля и микрометра.

Результаты микрометража рабочих деталей насосов показали, что лопасти рабочего колеса по длине изнашиваются неравномерно как по величине, так и по форме. Как видно из рис. 1, после 2680 часов работы насоса во входной части толщина износа составляет 0,3-0,5 мм, а на выходной части 2,6-2,86 мм, что можно объяснить результатом увеличения кинетической энергии и местной концентрации твердых частиц на рабочей поверхности лопасти, вследствие возрастания величин центробежной и Кориолисовой сил по радиусу рабочего колеса. В зоне выходных кромок на рабочих поверхностях лопастей наблюдались более выраженные углубленные ряды борозд глубиной до 1,5 мм, которые являются результатом срезающего действия твердых абразивных частиц, входящих в воду.

Внутренние поверхности дисков рабочего колеса также изнашивались неравномерно как по радиусу, так и по ширине канала. Наибольший износ дисков оказался вблизи рабочей поверхности лопастей на выходе (2,17 мм).

В спиральном отводящем устройстве максимальный гидроабразивный износ наблюдался по всей длине на его стенках, которые имеют чешуйчатую форму, способствующую увеличению гидравлического сопротивления.

Значительному износу подвергались защитные втулки в местах расположения сальников. Износ защитных втулок способствует снижению КПД насоса за счет увеличения утечки воды через сальниковые уплотнения.

Более существенное влияние на снижение рабочих параметров центробежных насосов оказывает величина зазора между уплотнительным кольцом и наружным ободом диска рабочего колеса. Наибольший износ рабочей поверхности уплотнительного кольца происходит в концевой части, которая имеет канавкообразную форму по радиусу. По-видимому, при входе потока в цель происходит сжатие струи, что приводит к увеличению величины местной скорости и снижению давления до критического значения. Это вызывает образование кавитационных каверн в зазоре, что приводит к усилению интенсивности износа от совместного воздействия кавитационно-абразивного потока.

На рис. 1, б представлена динамика увеличения уплотняющих зазоров рабочих колес центробежных насосов марки Д6300-80 и 200 Д-90. Наиболее интенсивное увеличение зазора от воздействия кавитационно-абразивного целевого потока происходит в начальные периоды эксплуатации. Максимальная величина зазора после 2000 часов работы насоса составляет 3,1-3,3 мм. Увеличение зазора приводит к снижению водоподдачи насосов по сравнению с проектной водоподачей в течение вегетационного периода сельхозкультур.

С увеличением конструктивных зазоров рабочих колес насосов пропорционально увеличивается утечка жидкости, а это ухудшает их энергетические показатели и приводит,

соответственно, к росту эксплуатационных затрат. При определенных величинах зазора затраты достигают такой величины, что эксплуатация насоса становится нецелесообразной. Поэтому при оценке работоспособности насоса важно установить предельный износ их деталей [1, 2].

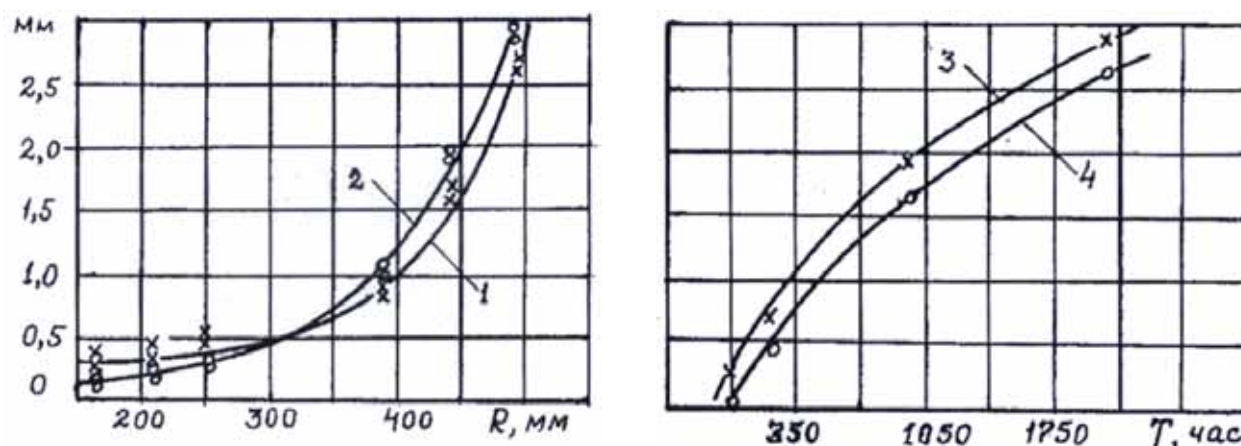


Рис. 1 - Графики зависимости толщины износа лопастей от радиуса рабочего колеса (а) и величины уплотняющего зазора ее от продолжительности работы (б) центробежных насосов: 1-3-для насоса D6300-80 НС «Дустлик», 2-для насоса D6300-80 НС «Муштациллик», 4-для насоса 200 D-90 НС «Хожабосмон».

Учитывая ведущую роль величины уплотняющих зазоров рабочих колес центробежных насосов при снижении энергетических показателей нами предложена методика определения межремонтного срока их службы, основанная на технико-экономическом сравнении вариантов по приведенным затратам [3].

$$K_{\text{пр}} = K_1 \frac{t_3}{t_i} + 9,81 \cdot e \cdot H \frac{\sum q_i t_i}{\eta_n \eta_{\text{дв}} \eta_{\text{ср}} / \eta_0} \quad (1)$$

где  $K_1$  - стоимость одного ремонта;  $t_i$  - продолжительность работы насоса до определенной величины износа деталей, образующих зазоры рабочих колес;  $t_3$  - продолжительность эксплуатации в течение года;  $e$  - стоимость 1квт.час электроэнергии;  $H$  - напор насоса;  $q_i$  - величина утечки через зазор при определенной продолжительности работы  $t_i$ ;  $\eta_n$  и  $\eta_{\text{дв}}$  - соответственно, КПД насоса и электродвигателя;  $\eta_{\text{ср}}$  - средний объемный КПД насоса за определенный промежуток времени  $\Delta t$ ;  $\eta_0$  - первоначальный объемный КПД насоса.

На основе результатов проведенных натурных исследований центробежного насоса 200D-90 расчетно-экспериментальным путем получены зависимости  $q=f(t)$  и  $q=f(s)$ , которые представлены на рис. 2.

После соответствующей обработки экспериментальных зависимостей  $q=f(S)$  и  $q=f(t)$ , полученных для центробежного насоса 200D-90, определены общие объемы утечек через зазоры за время  $t$ .

$$\sum_{i=1}^n q_i \cdot t_i$$

По формуле (1) с помощью компьютерных программ произвели расчеты по определению приведенных затрат  $K_{\text{пр}}$  и на основе результатов расчета был составлен график, представленный на рис. 3.

Экстремальные значения кривых  $K_{\text{пр}} = f_1(t) + f_2(t)$  будут соответствовать эффективной продолжительности эксплуатации насоса и предельно допустимому радиальному зазору рабочего колеса.

При эксплуатации в течение шести месяцев оптимальный межремонтный срок службы центробежного насоса 200D-90 составляет  $t_0=810$  часов, предельно допустимый зазор  $S=1,9$  мм. Значит, для эффективного использования насоса в течение шести месяцев потребуются ремонт его деталей не менее 3-4 раз.

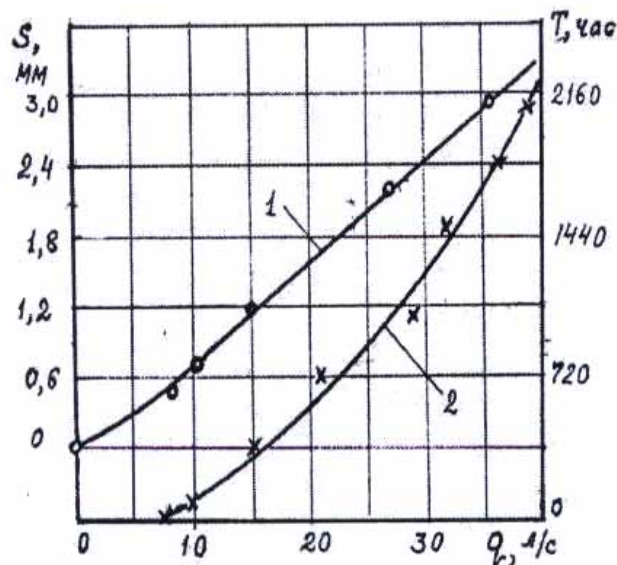


Рис. 2 – Зависимости увеличения утечки от величины уплотняющего зазора (1) и продолжительности эксплуатации (2) центробежного насоса

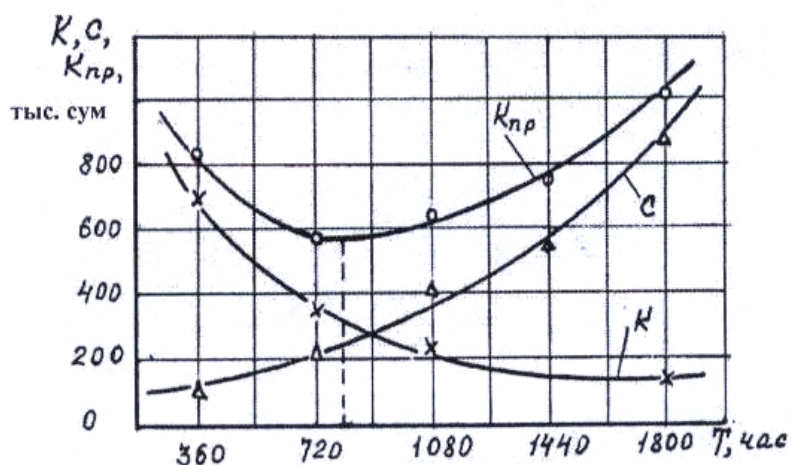


Рис. 3 – График для определения межремонтного срока службы центробежного насоса

Примечание: для определения оптимального межремонтного срока службы центробежных насосов других марок расчетно-экспериментальным способом следует получить зависимости  $q=f(s)$  и  $q=f(t)$  для данной марки насоса.

Поскольку в течение поливного сезона нецелесообразно проводить ремонтные работы, для увеличения межремонтного срока службы насосов следует разработать рекомендации по выбору режимов их работы, улучшению конструктивных элементов, применению износостойких материалов для изготовления деталей и современные метода их восстановления.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основные расчеты на трение и износ. - М.: Машиностроение, 1977. - 526 с.
2. Хрущов М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. - М.: Наука, 1970. - 373 с.
3. Мамажонов М., Улughоджаев К.Х. Эффективность эксплуатации осевых насосов в оросительных системах // Сельское хозяйство Узбекистана. - 2002. - № 2. - С. 30-31.

## ОБШИРСОЙ ДАРЁСИ ҚИРҒОҚЛАРИНИ ЕМИРИЛИШДАН САҚЛАШ ВА ТОШ-ШАҒАЛЛАРНИ ОҚИШНИ КАМАЙТИРИШ

*С.А. Маматов, Ф.И. Ибрагимов, К.Х. Акбарова*  
(ТИМИ қoшидаги ИСМИТИ)

*Обширсой дарёсининг ўзани, қирғoқлари ва аҳоли яшаш ҳудудлари ерларининг ювилишини, тош-шағал оқиши ҳолатини қиёсий таҳлили ва олдини олиш тадбирлари.*

*Actions are offered on base of the analysis hydraulic parameter on prevention of the erosion gravel-pebble by flow of the riverbed yard Obshirsoy, its coast and located on them populated points.*

*На основе анализа гидравлических параметров предлагаются мероприятия по предотвращению размыва гравийно-галечниковым потоком русла реки Обширсой, её берегов и расположенных на них населенных пунктов.*

Обширсой дарёси нишаблигининг катталиги, сел-тошқин сувларининг содир бўлиши ва дарё қирғoғининг грунти тез ювилувчанлиги билан характерланади. Бунинг оқибатида дарё ён-бағирларининг емирилиши юзага келиб, дарё ўзани ўз йўналишини ўзгартиради ва дарё қирғoқлари яқинидаги аҳоли яшаш жойлари, экин майдонлари, сув хўжалиги объектларида ер кўчкилари пайдо бўлади ҳамда дарё ўзанининг тош-шағалга тўлиши ҳодисаси рўй беради. Натижада емирилган дарё қирғoқлари ва тошга тўлган дарё ўзани орқали сув билан таъминланадиган суғориш майдонлари сув таъминотига катта зарар етказилади.

Шунинг учун Обширсой қирғoқларини емирилишдан асраш, асосан дарёнинг аҳоли яшаш жойларига яқин қирғoқларини ювилиб кетишини олдини олиш муҳим вазифалардан бири саналади.

Обширсой дарёси ҳавзасининг тубида ҳаракат қилувчи оқизикларнинг асосий қисми йирик заррали тош ва шағаллардан иборат. Бундай йирик ўлчамли оқизикларни ҳаракатга келтира олиш учун сув оқимининг тезлиги ҳам катта бўлади. Катта тезлик билан ҳаракатланувчи тош-шағаллар катта кучга эга бўлади ва сой ўзани, қирғoқларини емирилиши ва бузилишига олиб келади. Шағал-тошлар асосан тўғри чизикли ҳаракатда бўлади, айрим ҳолларда, яъни нопризматик ўзанларда уларнинг ҳаракати бир қирғoқдан бошқа қирғoққа қараб йўналган бўлиши ҳам мумкин. Тош-шағалнинг ҳаракати унинг юқори ва пастки қисмларига оқимнинг қарама-қарши йўналган кўндаланг тезликлари таъсир қилиши оқибатида канал тубида ва айланма кўринишда бўлади.

Тадқиқот доирасида Обширсой дарёсида дарёнинг туби ва қирғoқларини ювилишидан ташқари, дарё тубининг чуқурлашиб кетганлиги сабабли дарёга яқин бўлган сув ҳавзаларидан булоқ сувларининг дарё қирғoқларидан сизилиб чиқиши ҳам кузатилди. Бундай ҳодисалар сой қирғoқларини ювилиши ва унинг ўпирилиб тушишига сабаб бўлмоқда.

Обширсойнинг нишаблиги юқори бўлганлиги сабабли оқим тубида ҳаракат қилаётган тош-шағаллар ўзаннинг янада емирилиши ва унинг чуқурлашишига, бу тош-шағаллар сойнинг қуйи қисмида йиғилишига олиб келиши аниқланди.

Кузатувлар натижаларига кўра сой тубида жойлашган тошларнинг диаметри 1 см дан 25 см ни ташкил қилди.

Сув сарфи 30 м<sup>3</sup>/с бўлганда, сувнинг 1.0 м<sup>3</sup> да оқаётган тош-шағални миқдори 0,06 ташкил этади. Шунга асосан сойдан бир сутка давомида оқим билан бирга оқиб ўтган тош-шағални миқдори қуйидагича бўлади:

$$Q \cdot \mu \cdot t = 30 \cdot 0,06 \cdot 86400 = 161355 \text{ м}^3$$

t=86400 - (1 сутка)  
 $\mu = 0,06$  - ҳисоб бўйича  
Q=30 м<sup>3</sup>/с

Бундан кўриниб турибдики, бир суткада сойдан оққан сувнинг миқдори 2 592 000 м<sup>3</sup> бўлса, шундан 161 355 м<sup>3</sup> ни тош-шағал ташкил қилади.

Агарда сойдан 120 м<sup>3</sup>/с миқдорида сув ўтаётган бўлса, бир суткада сойдан қуйидагича тош-шағал оқиб ўтади:

$$Q \cdot \mu \cdot t = 120 \cdot 0,10 \cdot 86400 = 1084717 \text{ м}^3$$

Сойдан оққан сувнинг миқдори бир суткада 10 368 000 м<sup>3</sup> ташкил қилса, шундан 1 084 717 м<sup>3</sup> тош-шағалдан иборат.

Баजारилган ҳисоб-китоблар Обширсой дарёси қирғоқлари гидравлик параметрларини оқим миқдорига боғлиқ равишда ўзгаришларини аниқлаш имкониятини яратди (1 жадвал).

1 жадвал - Обширсой дарёсида оқим миқдорига қараб унинг гидравлик параметрларини ва тош-шағал миқдорини ўзгариши

Сув сарфи, Q, м <sup>3</sup> /с	Оқим кенглиги, В, м	Оқим чуқурлиги, Н, м	Оқим тезлиги, v, м/с	Тош-шағалнинг 1 м <sup>3</sup> сувдаги миқдори, μ	Бир суткада сойдан оқиб ўтадиган тош-шағалларнинг миқдори, м <sup>3</sup>
10	7,2	0,43	2,78	0,04	31 634
20	9,2	0,58	3,39	0,04	62 556
30	12,5	0,63	3,55	0,06	161 355
60	17,7	0,79	4,14	0,08	391 570
80	18,4	0,93	4,62	0,09	650 220
120	22,6	1,06	5,05	0,10	1 084 717

Тош-шағалларни ҳаракатга келтирувчи тезликларини аниқлашда ёпишқоқ бўлмаган тош-шағаллар учун, яъни катта хажмли тоғ жинслари учун Ц.Е. Мирцхулава тенгламаси орқали аниқлаш мумкин. Бу тенглама куйидаги кўринишга эга:

$$Q_{X.K.} = \left( \lg \frac{8,8 \cdot H}{d} \right) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot m}{0,44 \cdot \gamma_0 \cdot n_H}} \cdot (\gamma_0 - \gamma_1) \cdot d \text{ м}^3$$

Бу ерда: m – иш шароитини ҳисобга олувчи коэффициент; n<sub>H</sub> – зўриқиш коэффициенти; γ<sub>H</sub> ва γ<sub>0</sub> – оқим таркибидаги тош-шағалнинг ва сувнинг нисбий оғирлиги, кг/см<sup>3</sup>; d – оқим таркибидаги тош-шағалнинг диаметри, м; H – оқим сувининг чуқурлиги, м (2-жадвал).

2 жадвал - Обширсой дарёсида оқим миқдорига қараб унинг гидравлик параметрларини ва тош-шағалларни ҳаракатга келтирувчи тезликлари

Сув сарфи, Q, м <sup>3</sup> /с	Дарёдаги оқим кенглиги, В, м	Дарёдаги оқим чуқурлиги, Н, м	Дарёдаги оқим тезлиги, v, м/с		Дарёдаги тош-шағалларни ҳаракатлантирувчи тезлик	
			d=0,1 м учун	d=0,15 м учун	d=0,1 м учун	d=0,15 м учун
10	7,2	0,43	2,78	2,91	3,08	3,42
20	10,2	0,55	3,24	3,39	3,27	3,66
22	10,7	0,56	3,31	3,47	3,30	3,69
30	12,5	0,63	3,55	3,71	3,39	3,80
36	13,7	0,66	3,70	3,87	3,44	3,86
60	17,7	0,79	4,14	4,33	3,58	4,04
80	20,4	0,87	4,42	4,62	3,67	4,14
120	25,0	0,99	4,83	5,05	3,78	4,28

Обширсой дарёсида жойлашган диаметри d=0,1 м бўлган тош-шағалларни оқим сув сарфи Q=22 м<sup>3</sup>/с дан ошганда ва d=0,15 м бўлган тош-шағалларни оқим сув сарфи Q=36 м<sup>3</sup>/с дан ошганда қийинчиликларсиз ҳаракатга келтиради.

Шундай қилиб, Обширсой дарёсининг тубини ва қирғоқларини ювилиши асосан сел-тошқин сувлари ўтган пайтларда содир бўлмоқда. Бу пайтларда сойнинг сув сарфи 120 м<sup>3</sup>/сек га етмоқда.

Ҳозирги вақтда сел сувларининг оқиши натижасида сойнинг бош қисмида эни 20-25 м, чуқурлиги эса 1-1,5 м ўзан пайдо бўлган. Бу ўзани сойнинг охиригача давом эттириш орқали сел сувларини ўтказадиган канал қуриш, унинг туби ва қирғоқларини бетон ёки тош билан мустаҳкамлаш мумкин. Ўзан атрофига дарахтлар ўтказиш натижасида сойнинг ўзани ва қирғоқларини емирилишдан асраш мумкин.

Бу усулдан ташқари сойнинг узунаси бўйлаб ҳар 500 м да, баландлиги 3,0 м бўлган запрудлар қуриш ҳам сойдаги оқим нишаблигини камайтириш орқали сел сувларининг тезлигини камайтиришга олиб келади. Бунинг натижасида сой тубининг ювилиши тўхтатилади.

Сойнинг чап қирғоғида жойлашган аҳоли турар жойларини ва Фарғона-Сох автомобил йўлига қараб емирилиб кетаётган қирғоғини ювилишдан асраш учун бу қирғоқни ювилаётган

жойларига ярим запрудлар куриш орқали сақлаб қолиш мумкин. Ярм запрудлар сойдаги сувнинг йўналишига қараб маълум бурчак остида курилади ва сел сувларининг йўналишини қарама-қарши томонга йўналтиради.

#### АДАБИЁТЛАР:

1. Гостунский А.Н. Гидрология Средней Азии. – Ташкент: “Укитувчи”, 1969. С. 314-318.
2. Шульц В.Л. Реки Средней Азии, Л.: Гидрометеиздат, 1965 г.
3. Ильин И.А. Водные ресурсы Ферганской долины. Л.: Гидрометеиздат, 1959 г.

УДК 631.67

## ЭКИНЛАРНИ СУҒОРИШ МЕЪЁРЛАРИНИ АНИҚЛАШДА ФАОНИНГ CROPWAT МЕТОДИКАСИНИ ҚЎЛЛАШ

**С.А. Маматов, М. Е. Мацура, К.Х. Акбарова, З. Ишпулатов**  
(ТИМИ қошидаги ИСМИТИ)

*CROPWAT* дастури экинни сувга бўлган талабини аниқлаш учун мўлжалланган. Ундан фойдаланишнинг асосий мақсади экинни суғориш меъёри ва муддатлари ҳамда мавсум давомида суғориш графигини ишлаб чиқишдан иборат.

*The Programm CROPWAT is intended for calculation of the requirements agriculture on water, as well as requirements on irrigation on base existing or new given about climate and culture. The Programm allows to realize the development a irrigation schedule for different conditions of control and calculation water feed for different schemes of the accomodation of the cultures.*

*Программа CROPWAT предназначена для расчета требований сельхозкультур на воду, а также требований на орошение на основе существующих или новых данных о климате и культуре. Программа позволяет осуществлять разработку графика поливов для различных условий управления и расчет водоподачи для различных схем размещения культур.*

Ўзбекистон шароитида фойдаланиладиган сув ресурсларининг қарийб 90 фоизи қишлоқ хўжалигида экинларни суғориш учун ишлатилади. Мамлакатда сув етишмаслиги, сув манбаларининг қуриши ва ифлосланиши, мамлакатнинг аграр секторига ва атроф муҳитига ўзининг салбий таъсирини ўтказмай қолмайди. Жаҳоннинг аксарият мамлакатларида экинларни суғориш учун ишлатиладиган сувларни аниқлаш БМТнинг озиқ-овқат ва қишлоқ хўжалиги ташкилоти томонидан ишлаб чиқилган CROPWAT дастури асосида амалга оширилади.

Алтернатив ҳолда хориж мамлакатларида қўлланиладиган ФАОнинг CROPWAT дастури экиннинг сувга бўлган талабини эталон ўсимлик деб аталмиш яшил ўт ёки бедадан бўладиган универсал эвапотранспирация ва экин турига боғлиқ ўсимлик коэффициенти билан ҳисобланади.

CROPWAT дастури қишлоқ хўжалиги экинлари етиштирилаётган ҳудуднинг иқлими, тупроқ шароитлари ва экин тўғрисидаги кўп йиллик маълумотларни қайта ишлаш асосида экинни сувга бўлган талабини аниқлаш учун мўлжалланган бўлиб, ундан фойдаланишнинг асосий мақсади экинни суғориш меъёри ва муддатлари ҳамда мавсум давомида суғориш графигини ишлаб чиқишдан иборат.

CROPWAT дастурига иқлим, ёғингарчилик, экин ва тупроқ маълумотларини киритиш асосида ҳисобланади.

Танланган тажриба участкаларида экилган қишлоқ хўжалиги экинлари учун ўсув даври, экин коэффициенти ( $K_c$ ), илдизнинг максимал чуқурлиги, экин баландлиги, намлик етишмовчилигидан бўладиган ҳосилни йўқотиш коэффициенти ҳудуднинг шароитидан, экин физиологиясидан ва мавжуд адабиётлар материалларини инобатга олиш асосида ҳисоблаб топилди (1-2 - жадваллар).

1 жадвал - Тажриба участкаларида 2013 йилларда экилган экинлар бўйича ФАО дастури учун танланган кўрсаткичлар

Участка	Экин тури	Экин экилган	Ўсув даври	Илдиз мак. чуқур
---------	-----------	--------------	------------	------------------



т/р		йиллар	экиш	йиғиш	[м]
1	ғўза*	2013	20 март	2 октябр	0,7-1,5 (1.2)
2	боғ (олма дарахти)**	(2009-2013)	30 март	10 октябр	2,0 (0.8)

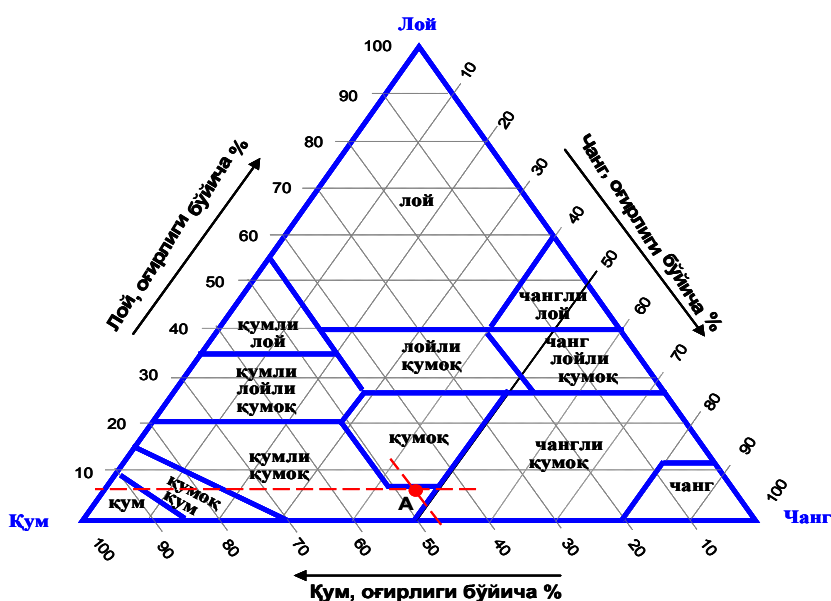
2 жадвал - Тажриба участкаларида экилган экинлар учун ўсув даврининг фазалар бўйича муддатлари, экин коэффиценти (Кс), тупроқ намлигини камайиш фракцияси (р) ва унинг етишмаслиги туфайли ҳосил йўқотиш коэффиценти (Кs)

Экин тури	А) Ўсув фазаси ва Кс				Б) Ўсув фазасига мос р ва Кs			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Ғўза	30/0,35	50/0,35-1,2	55/1,2	45/0,6	0,65/0,2	0,65/0,5	0,65/0,45	0,65/0,25
олма (боғ)	20/0,3	70/0,3-0,90	120/0,90	60/0,6	0,5	0,5	0,5	0,5

Тупроқ модули экин майдони тупроғи тури ва хоссалари тўғрисидаги маълумотларни киритиш учун хизмат қилади.

Сувнинг дала шароитида ўсимлик учун ўзлаштириш самарадорлиги кўп жиҳатдан тупроқ турига ҳам боғлиқ, чунки тупроқ хусусиятидан келиб чиқиб тупроқ нам сиғими, сувнинг тупроққа шимилиш тезлиги, ўсимлик илдизининг ўсиш чуқурлиги ва ёнлама ўсиши ва х.к. берилаётган сувнинг ҳажмини, муддатини ва сонини бошқариш мумкин.

Тупроқ намуналарининг гранулометриқ таркибини аниқлашда АҚШ Қишлоқ хўжалиги департаменти (USDA) яратган тупроқ структураси учбурчагидан (бошқача Ферре учбурчаги деб аталади) фойдаланилди (1-расм).



1 расм - Тупроқнинг гранулометриқ таркиби бўйича USDA таснифланиши (Хиллел Д, 2004):  
 лой (<0,002 мм), чанг (0,002-0,05 мм) ва қум (0,05-2 мм)

Дастурга қум ва лой фракциясидан ташқари тупроқнинг органиқ чўкиндиси, шўрланиш таркиби, гравел мавжудлиги, қаттиқлик даражаси ва намлик кўрсаткичлари ҳам киритилиши мумкин. Бу ҳолда дастур ёрдамида тупроқнинг сув хусусиятларини янада аниқроқ ҳисоблашга эришилади. Дала шароитида олинган тупроқ намуналаридан келиб чиқиб, ҳар бир участка учун ФАО дастурига мос (дастурда фақат биргина тупроқ горизонти киритилади, шунинг учун чуқурликлар бўйича олинган намуна натижалари чуқурликка нисбатан ўртача олинади) ҳолда тавсифланди.

Юқоридаги маълумотлар асосида CROPWAT дастурини қўллаш ёрдамида тадқиқот объектларида жойлаштирилган қишлоқ хўжалиги экинлари учун суғориш меъёрлари суғоришлар сони ва умумий суғориш меъёрлари ҳисобланди (3, 4, 5-жадваллар).

3 жадвал - Тадқиқот объектларида экинларни суғориш меъёрлари

(CROPWAT дастури ёрдамида ҳисобланган)

Мавсумий суғориш меъёри	Суғориш сони	Суғориш меъёри, м <sup>3</sup> /га	Суғориш муддати	
			Бошланиши	Тугаши
ФАОнинг CROPWAT дастури ёрдамида ҳисобланган				
Ғўза 6300	1	800	4 июн	18.июн
	2	800	19.июн	01.июл
	3	900	2.июл	13.июл
	4	900	14.июл	25.июл
	5	900	26.июл	06.авг.
	6	900	07.авг	19.авг.
	7	800	20.авг	05.сен.

4-жадвал Экинларни суғориш меъёрларини белгилаш II гидромодул районлаштириш асосида ҳисоблангани тўғрисида

Мавсумий суғориш	Суғориш сони	Суғориш меъёри, м <sup>3</sup> /га	Суғориш муддати	
			Бошланиши	Тугаши
II Гидромодул райони				
Ғўза 7100	1	700	11.май	25.май
	2	700	26.май	10.июн
	3	800	11.июн	20.июн
	4	900	21.июн	30.июн
	5	900	01.июл	10.июл
	6	900	11.июл	20.июл
	7	800	21.июл	05.авг
	8	700	06.авг	20.авг
	9	700	21.авг	05.сен

5 жадвал - Тадқиқот объектларида экинларни суғориш меъёрларининг натижалари

Мавсумий суғориш	Суғориш сони	Суғориш меъёри, м <sup>3</sup> /га	Суғориш муддати	
			Бошланиши	Тугаши
Тадқиқот объектларида экинларни суғориш меъёрларининг натижалари				
Ғўза 7700	1	1000	11.май	25.май
	2	1100	26.май	10.июн
	3	1100	11.июн	20.июн
	4	1100	21.июн	30.июн
	5	1100	01.июл	10.июл
	6	1100	11.июл	20.июл
	7	1000	21.июл	05.авг

Хулоса қилиб айтганда, мазкур дастурни Ўзбекистон шароитида қишлоқ хўжалигида сув ресурсларидан фойдаланишни режалаштиришда қўллаш сув ресурсларидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш имкониятларини яратади ва сув ресурсларини режалаштиришга инсон таъсирини камайтириб, унинг объективлигини таъминлайди.

*Тавсиялар:*

Вилюятлар бўйича иқлим маълумотларини олишда ФАО нинг CLIMWAT 2.0 дастурини ишлатса бўлади. Бунда маълумотлар кўп йиллик маълумотлар асосида ўртача ойлик учун берилган. Аммо, тадқиқот натижаларини амалиётда бошқа ҳудудларга тадбиқ этишда ўрганилаётган ҳудуднинг иқлим маълумотларидан фойдаланиш ва бунинг учун ўзи ёзар автоматик мини метеостанцияларни дала шароитида қуриш ва маълумотларни ишлатиш мақсадга мувофиқ.

Тупроқ маълумотлари, яъни тупроқнинг гранулометриқ таркиби мамлакатимизда асосан Качинский усулидан фойдаланиб, гил фракцияси бўйича тавсифланади. Ушбу тупроқ маълумотлари (қум, гил ва лой фоиз ҳисобида) Сакстон К., (1986) дастурида Hydraulic Properties Calculator (HPC) ёрдамида ФАО нинг CROPWAT дастурида қўллаш учун ўзгартирилди. Фермер хўжаликлари учун ҳар 10 йилда вилюятлар бўйича Тупроқшунослик илмий-тадқиқот институти ва

Ўзбекистон Республикаси Ер Ресурслари, Геодезия, Картография ва Давлат Кадастри Давлат Кўмитаси ёки уларнинг вилоятлардаги филиаллари томонидан тупрокнинг унумдорлигини тавсифловчи бонитировкалар ишлари олиб борилади. Кейинги тадқиқотларда бу маълумотларни юқоридаги каби ФАО дастурига НРСни қўллаш усули орқали киритиш ёки маълумотлар базасини яратиш мумкин.

ФАОнинг CROPWAT дастурида олинган натижалар камроқ ва дала шароитида мавсумий суғориш меъёрлари кўпроқ (аниқликли даражаси 70-80 %). Аммо дастур мамлакатимизда қўлланилаётган нам суви, яхоб бериш ва суғоришларда шўр ювиш меъёрини ҳам инobatга олиниши, чигит суви каби суғориш усуллари хисобга олмаслигини таъкидлаш жоиз. Чунки дастур ўсимликнинг ўсув даврига (экишдан то ҳосилни йиғиб олгунга қадар) керакли бўлган суғориш сони ва меъёрларини хисоблайди.

Ундан ташқари дастурда ер ости ССС дан бўладиган капилляр кўтарилишни ҳам инobatга олмайди. Шунинг учун ушбу суғоришлар ҳудуднинг тупрок, иқлим, хўжалик, мелиоратив ва бошқа шарт-шароитларидан келиб чиқиб, дастурда хисобланадиган суғоришлар сони ва меъёрларига қўшиш керак.

#### АДАБИЁТЛАР:

1. Эвапотранспирация растений (Публикации ФАО по ирригации и дренажу, вып. 56). - 2011. - 296 с.
2. Водопотребление сельхозкультур (Публикации ФАО по ирригации и дренажу, вып. 24). - 2010. - 127 с.
3. Беспалов Н. Гидромодульное районирование и режимы орошения сельскохозяйственных культур по Ферганской области / НПО Союзхлопок. – Ташкент, 1986.

УДК 626.844

## **ТОҒОЛДИ ХУДУДЛАРДА ЖОЙЛАШГАН СУВ ОМБОРЛАРДАН ҚУВУРЛИ ТИЗИМДА СУВ ЕТКАЗИБ БЕРИШДА ШАКЛЛАНАДИГАН БОСИМ АСОСИДА ИШЛАЙДИГАН ТОМЧИЛАТИБ СУҒОРИШ ТИЗИМИНИ АСОСЛАШ**

*С.А. Маматов Ф.И. Ибрагимов Ф.А. Гаппаров  
(НИИИВП при ТИИМ)*

*Тоғолди ҳудудларида жойлашган сув омборларидан (Жийдалисой сув омбори мисолида) сув етказиб берувчи қувурли тизимида ҳосил бўладиган эркин босим ҳисобига ишлайдиган томчилатиб суғориш тизимини қўллаш имкониятлари ўрганилиб, уни қўллаш шароитлари ва тартиби асосланган.*

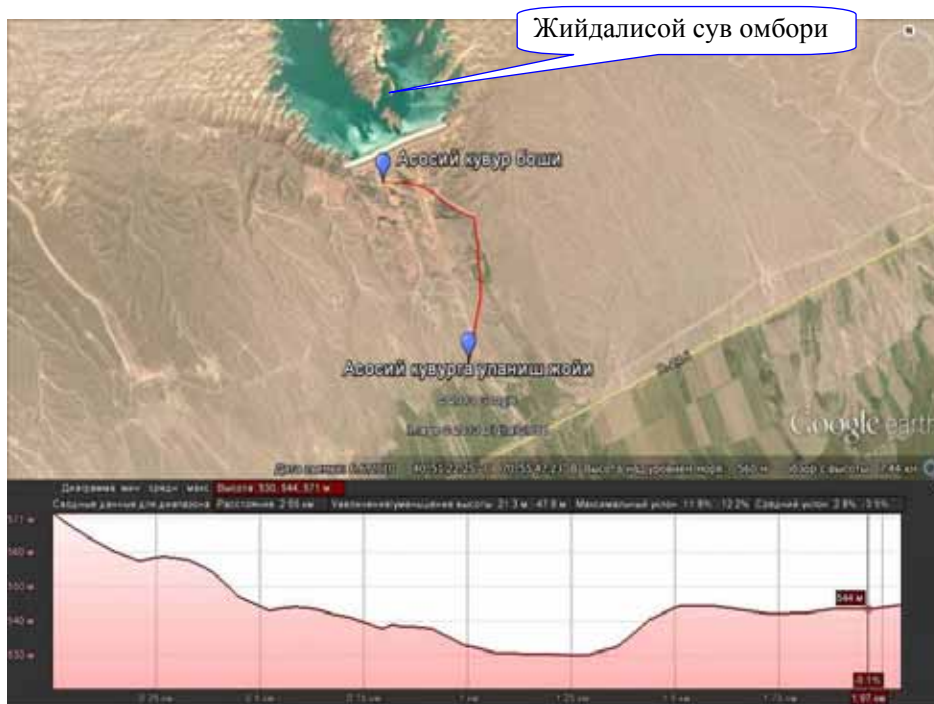
*Рассмотрены и обоснованы возможности использования системы капельного орошения, работающей за счёт естественного напора, формируемого при подаче воды из предгорных водохранилищ на орошаемое поле.*

Сув ресурсларидан самарали фойдаланишни ташкил қилишда айниқса сув етказиб бериш тизимларида йўқотилаётган сув ресурслари исрофини бартараф қилиш ва суғоришнинг сув тежовчи технологияларини жорий қилиш энг муҳим аҳамият касб этади. Мазкур йўналишда охириги йилларда мамлакатимиз шароитида ҳукумат даражасида бир қатор муҳим ишлар амалга оширилмоқда. Жумладан, Ўзбекистон Республикаси суғориладиган ерлари мелиоратив ҳолатини яхшилашнинг 2013 – 2017 йилларга мўлжалланган дастурига мавжуд ирригация тизимлари техник ҳолатини яхшилаш ва томчилатиб суғориш тизимларини жорий қилишни кенгайтириш ҳам киритилган бўлиб, бу ишларни молиялаштириш Молия Вазирлиги ҳузуридаги Ерлар мелиоратив ҳолатини яхшилаш Фонди маблағлари ҳисобидан амалга оширилиши белгиланган.

Тоғолди ҳудудлардаги сув омборларидан қувурли сув етказиб бериш тизимларини ташкил қилиш ва бунда юзага келадиган табиий босимда ишлайдиган томчилатиб суғориш тизимини намойиш этувчи участкаларни барпо қилиш ва улар воситасида фермер ва сув хўжалиги ходимларини табиий шароитдаги мавжуд имкониятлардан фойдаланиш ва томчилатиб суғориш тизимларини ишлатиш қоидаларига ўргатиш, уларга муаммони ечишга бундай ёндашишнинг афзалликларини реал мисолларда намойиш қилиш долзарб масалалардан саналади.

Табиий босимда ишлайдиган томчилатиб суғориш тизими жорий қилинадиган тажриба участкаси учун Норин-Сирдарё ирригация тизимлари ҳавза бошқармасининг Наманган вилояти Поп туманидаги сувчилар боғи танлаб олинди. Сувчилар боғини суғориш учун сув боғдан юқорирокда жойлашган Жийдалисой сув омбори орқали етказиб берилади.

Жийдалисой сув омборидан қувур ёрдамида сув етказиб берилганда тажриба даласида томчилатиб суғориш тизимини ишлаши учун етарли босим ҳосил бўладими ёки йўқми деган саволга жавоб топиш мақсадида сув ташиш қувурининг бошланғич нуктасидаги ва унга томчилатиб суғориш тизими магистрал қувури уланадиган нуктадаги ер абсолют сатҳлари Google Earth компьютер дастурини қўллаш асосида аниқланиб, сув ташиш қувурининг бўйлама қирқими чизиб чиқилди (1-расм).



1-расм – Жийдалисой сув омборидан тажриба даласигача бўлган оралиқдаги асосий сув ташиш қувурининг бошланғич ва охириги нукталарида ер юзаси абсолют сатҳининг ўзгариши

Аниқлаш натижаларини кўрсатишича, тажриба участкасига сув етказиб берувчи сув ташиш қувурининг бошланғич нуктасида ер юзасининг абсолют сатҳи 571 м, экин даласига сув олинадиган нуктада ер юзасининг абсолют сатҳи 544 м, яъни назарий жиҳатдан сув ташиш қувурида 27 м катталикда сув босими юзага келиши мумкин.

Лекин сувни қувур воситасида сув омборидан томчилатиб суғориш даласигача узатилганда (масофа 1970 м) албатта босим исрофи юз беради. Босим исрофини одатда Шевелев жадваллари асосида гидравлик ҳисоб натижаларига кўра аниқланади.

Пўлатдан ясалган қувурларни гидравлик ҳисоб қилиш учун одатда:

$$i = \lambda \frac{1}{dp} \cdot \frac{v^2}{2g} \text{ формуласидан фойдаланилади.}$$

Бунда, агар қувурлар янги бўлса  $\lambda = \frac{0,312}{dp^{0,226}} (1,9 \cdot 10^{-6} + \frac{v}{\nu})^{0,226}$  ;

Қувурлар янги бўлмаган ҳолатда  $\frac{v}{\nu} \geq 9,2 \cdot 10^{-5}$  бўлса  $i = \frac{0,021}{dp^{0,3}}$  ;

$$\text{Кувурлар янги бўлмаганда } \frac{V}{v} \leq 9,2 \cdot 10^{-5} \text{ бўлса } i = \frac{1}{dp^{0,3}} (1,5 \cdot 10^{-6} + \frac{V}{v})^{0,3};$$

бу ерда:

$i$  - гидравлик нишаблик;

$\lambda$  - узунлик бўйича ишқаланиш қаршилиги коэффициентини;

$v$  – сув оқими тезлиги м/с;

$\nu$  – сувнинг кинематик ёпишқоқлик коэффициентини (ҳароратга боғлиқ);

$d_p$ - кувурнинг ички диаметри, мм (бу ерда  $d_p = d_n - 2s - 1$ );

$d_n$ - кувурнинг ташқи диаметри, мм;

$s$  - кувур деворининг қалинлиги, мм

$l$  - кувур деворига ёпишган ётқизиклар ёки коррозия қалинлиги, мм

Гидравлик ҳисоб натижаларига кўра, сув етказиб берувчи асосий кувурнинг ташқи диаметри  $d_n=720$  мм, сув сарфи  $q=200$  л/с бўлган ҳолат учун кувурдаги сув оқими тезлиги  $v=0,52$  м/с ҳамда сув омборидан тажриба даласигача бўлган ( $L=1970$  м) масофада босим исрофи  $h=1,06$  м бўлади.

Ўлчашлар натижасида сув ташиш кувурининг тажриба даласи ёнидаги нуқтасида сувнинг эркин босими 20 м атрофида бўлиши аниқланди. Бу ҳолат сув ташиш кувуридаги табиий босимдан фойдаланиш асосида участкада томчилатиб суғориш тизимини жорий қилса бўлишини тасдиқлади.

Сув ташиш кувурига уланиш жойидан участканинг сув етказиш энг ноқулай бўлган нуқтасигача бўлган оралиқда кувур ётиш трассасини аниқлаш ҳамда уланиш (ер сатҳи 544 м) ва ноқулай нуқталар (ер сатҳи 517 м) орасидаги фарқни аниқлаш натижалари сув кувурида  $h=27$  м босим юзага келиши мумкинлигини кўрсатди ҳамда сув етказиб берувчи кувурлардаги босим исрофи умумий ҳисобда 11,6 м бўлиши аниқланди (2-расм).



2 расм – Асосий кувурга уланиш жойи ва даланинг сув етказиб бериш энг ноқулай бўлган нуқтаси оралиғида ер юзаси абсолют сатҳининг ўзгариши

Шундай қилиб, Жийдалисой сув омборидан тажриба даласигача сув етказиб берувчи кувурда ер юзаси сатҳлари фарқи ҳисобига юзага келадиган сув босимидан фойдаланиш асосида томчилатиб суғориш тизимини жорий қилиш имконияти мавжудлиги аниқланди.

Бундай шароитда жорий қилинадиган томчилатиб суғориш тизими тизимда сув босимини ҳосил қилиш учун насос қурилмасини талаб қилмаслиги билан ўзига хос саналади.

Табиий босим асосида ишлайдиган томчилатиб суғориш тизимининг эксплуатацион харажатлари кескин камаяди, яъни насос қурилмасини ишлаши учун зарур бўладиган электр энергияси учун харажатлар тўлиқ тежаб қолинади.

Хулоса қилиб айтганда, тоғолди ҳудудларда жойлашган сув омборларидан экин далаларига сувни етказиб бериш учун очиқ каналлар ўрнига қувурли тизимлардан фойдаланиш табиий босимда ишловчи сув тежовчи суғориш технологияларини кенг қўллаш, босимли суғориш тизимларинидан фойдаланишнинг харажатларини камайтириш имкониятларини яратди.

#### АДАБИЁТЛАР:

1. Ильин И.А. Водные ресурсы Ферганской долины.—Л.: Гидрометеоздат, 1969.
2. Маматов С. Томчилатиб суғориш тизими / САНИИРИ - Тошкент, 2012. - 79 б.
3. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. – Л.: Гидрометеоздат, 1965. - 692 с.

УДК 556.3+631.621

## ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ ВЛАГОПЕРЕНОСА В ГИДРОМОРФНЫХ СРЕДАХ, ОБУСЛОВЛЕННОГО ИЗМЕНЕНИЕМ УРОВНЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

*И.Э. Махмудов, Н.К. Мурадов, А.И. Курбонов*

*(НИИИВП при ТИИМ, Каршинский инженерно-экономический институт)*

*Гидроморф муҳитларда намликнинг конвектив узатилиши назарияси асосида қишлоқ хўжалиги экинларини суғориш натижасида гидроморф муҳитларда намликни ўзгариши жараёнини тавсифловчи бир ўлчовли қўп муҳитли гидравлик модел олинган ва ечилган ҳамда бошқарув назарияси асосида грунт сувлари сатҳини бошқариш қонуният структураси олинди. Мазкур илмий-тадқиқот натижалари сув танқислиги шароитида қишлоқ хўжалиги экинларини суғоришда субиригация технологиясини жорий этишнинг илмий асосини яратиш имкониятини беради.*

*Решена одномерная (вертикальная) многофазная задача: на основе теории конвективного переноса тепла установлена гидравлическая зависимость процесса изменения влаги в гидроморфных средах для произвольного момента времени, обусловленного орошением сельскохозяйственных культур. На основе теории управления получена структура закона управления уровнем грунтовых вод. Полученные результаты исследований дают возможность создания условий субиригации в зонах орошения сельскохозяйственных культур.*

**Актуальность.** Важнейшей задачей для мелиоративной практики является управление режимом влагопереноса в верхних слоях зоны аэрации, обусловленного изменением уровня подземных вод. При изменении уровня подземных вод происходит сложный процесс переформирования режима влагопереноса. При снижении или повышении уровня влаги с переменной скоростью в капиллярах в зоне аэрации, при условии ее достаточной мощности формируется определенный профиль влажности, соответствующий скорости влагопереноса. При снижении уровня грунтовых вод профиль влажности будет вытягиваться, стремясь к равновесному состоянию, обеспечивающему постоянный расход воды. При подъеме уровня грунтовых вод равновесное состояние характеризуется сжатым профилем влажности. Изучение этих вопросов может быть положено в основу создания закономерности применения субиригации при орошении сельскохозяйственных культур.

**Постановка задачи.** Для установления гидравлической зависимости управления режимом влагопереноса в гидроморфных средах в верхних слоях зоны аэрации при изменении уровня подземных вод допустим, что движение воды одномерное (вертикальное), плотность и вязкость влаги являются величинами постоянными, изменение уровня подземных вод осуществляется по экспоненциальному закону. Рассматривая одномерное движение влаги по вертикальным капиллярам, устанавливаем гидравлическую модель управления режимом влагопереноса. Решение задачи в такой постановке может быть исходным при изучении прикладных проблем, связанных с применением технологии субиригации.

**Гидравлическое моделирование.** Перейдем теперь к решению задачи управления режимом влагопереноса в гидроморфных средах, обусловленного изменением уровня подземных вод. Рассмотрим одномерную задачу, т.е. процесс переноса влаги по вертикальной оси.

Пусть  $\theta(z, t)$  - влага в точке с координатой  $z$  в момент  $t$ . Установлено, что скорость распространения влаги, т.е. количество влаги, протекающей через сечение с аппликацией  $z$  за единицу времени, определяется формулой [4]:

$$q = -\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} S \quad (1)$$

где:  $S[\text{см}^2]$  - площадь сечения столба почвогрунта,  $\kappa \left[ \frac{\text{см}^2}{\text{час}} \right]$  - коэффициент влагопроводности.

Рассмотрим вертикальный отсек столба почвогрунта, заключенный между сечениями с аппликатами  $z_1$  и  $z_2$  ( $z_2 - z_1 = \Delta z$ ). Количество влаги, прошедшей через сечение с аппликацией  $z_1$  за время  $\Delta t$ , будет равно  $\Delta q_1 = -\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=z_1} S \Delta t$ , то же самое и для сечения с аппликацией  $z_2$ :

$$\Delta q_2 = -\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=z_2} S \Delta t \quad (2)$$

Приток тепла  $\Delta q_1 - \Delta q_2$  в отсек столба почвогрунта за время  $\Delta t$  будет равняться:

$$\Delta q_1 - \Delta q_2 = \left[ -\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=z_1} S \Delta t \right] - \left[ -\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=z_2} S \Delta t \right] \quad (3)$$

На основе теоремы Лагранжа по отношению к разности  $\frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=z_2} - \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=z_1}$ , получим:

$$\frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=z_2} - \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=z_1} \approx \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \Delta z - \frac{\Delta z}{\kappa} \frac{\partial u \theta}{\partial z} \quad (4)$$

На основании (3) и (4) получим:

$$\Delta q_1 - \Delta q_2 = \left[ -\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=z_1} S \Delta t \right] - \left[ -\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=z_2} S \Delta t \right] \approx \kappa \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \Delta z S \Delta t - \frac{\partial u \theta}{\partial z} \Delta z S \Delta t \quad (5)$$

Энергия притока влаги за время  $\Delta t$  затрачена на гидравлическое сопротивление почвогрунта отсека на величину  $\Delta \theta$ :

$$\Delta q_1 - \Delta q_2 = \Delta z S \Delta \theta \quad \text{или} \quad \Delta q_1 - \Delta q_2 = \Delta z S \frac{\partial \theta}{\partial t} \Delta t \quad (6)$$

Приравнявая выражения (5) и (6) одного и того же количества влаги, получим:

$$\Delta z S \frac{\partial \theta}{\partial t} \Delta t = \kappa \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \Delta z S \Delta t - \frac{\partial u \theta}{\partial z} \Delta z S \Delta t \quad \text{или после соответствующих сокращений, получим:}$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + \frac{\partial u \theta}{\partial z} = \kappa \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \quad (7)$$

Таким образом, получено уравнение (7) распространения влаги по вертикальной оси почвогрунта.

Теперь произведем гидравлическое моделирование конвективного влагопереноса в гидроморфных средах, обусловленного изменением уровня подземных вод. Исходим из того, что изменение влаги в гидроморфных средах связано с величиной  $v$  и определяется разностью скоростей фильтрации, а перенос влаги, связанный с величиной  $K$  - степенью разности увлажнения. В связи с этим, для описания гидравлических параметров влагопереноса в почвенном пространстве используем критерий подобия Пекле [1].

Введем безразмерные параметры  $z = \bar{l}z$ ,  $t = \frac{l^2}{\nu} \tau$ , где  $l, \nu$ -характерные размерные величины (характерная длина, определяющая средний путь влаги и кинематическая вязкость, соответственно). Далее допустим, что связь между влажностью и высотой всасывания - линейная, а коэффициент влагопереноса - усредненный по влажности. Для определения структуры потока в конвективном переносе влаги в гидроморфных средах используем критерий подобия Пекле, тогда уравнение (7) примет вид:

$$\frac{\nu}{l^2} \frac{\partial \theta}{\partial \tau} + \frac{u}{l} \frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{\kappa}{l^2} \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \quad (8)$$

Умножая обе части уравнения на  $\frac{l}{u}$  и учитывая  $Re = \frac{ul}{\nu}$  - число Рейнольдса и

$Pe = \frac{ul}{\kappa}$  -число Пекле, получим:

$$\frac{1}{Re} \frac{\partial \theta}{\partial \tau} + \frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{1}{Pe} \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \quad (9)$$

Умножая обе части уравнения (12) на  $Pe$ , получим

$$Pr_T \frac{\partial \theta}{\partial \tau} + Pe \frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \quad (10)$$

где  $Pr_D$ -диффузионное число Прандтля. При изучении процесса конвективного переноса существенное значение имеет критерий подобия Прандтля. Диффузионное число Прандтля характеризует соотношение между полем скоростей и полем концентраций. В связи с этим, для описания специфических особенностей процесса конвективного переноса влаги в гидроморфных средах использовали критерий подобия Прандтля. Таким образом, получена одномерная гидравлическая модель (10) конвективного влагопереноса в гидроморфных средах, обусловленного орошением сельскохозяйственных культур.

### Численные эксперименты с использованием гидравлической модели.

Для решения уравнения (10) введем функцию  $f(\hat{z})$  в виде [4,6]:

$$\theta(\hat{z}, \tau) = e^{-\gamma \tau} f(\hat{z}) \quad (11)$$

Учитывая равенство (11), уравнение (10) примет следующей вид:

$$\frac{d^2 f}{d \hat{z}^2} - Pe \frac{df}{d \hat{z}} + \gamma Pr_T f(\hat{z}) = 0 \quad (12)$$

Искомую функцию напомним как

$$f(\hat{z}) = e^{\beta \hat{z}} \quad (13)$$

Тогда из (12) для  $\beta$  получим характеристическое уравнение и после соответствующих математических операций получим

$$f(\hat{z}) = B_1 \exp\left(\frac{Pe(1 + \sqrt{D})}{2} \hat{z}\right) + B_2 \exp\left(\frac{Pe(1 - \sqrt{D})}{2} \hat{z}\right) \quad (14)$$

Учитывая краевые условия  $f(\hat{z})|_{\hat{z}=0} = 1$ ,  $f(\hat{z})|_{\hat{z}=\hat{\varphi}} = e^{\hat{\lambda} \hat{\varphi}}$ , получим следующие уравнения для коэффициентов:



$$B_1 + B_2 = 1$$

$$B_1 \exp\left(\frac{Pe(1+\sqrt{D})}{2}\hat{\varphi}\right) + B_2 \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2}\hat{\varphi}\right) = \exp(\lambda\hat{\varphi}) \quad (15)$$

где:  $\hat{\varphi}$  - средняя высота всасывания.

Решением системы линейных алгебраических уравнений методом Крамера определим неизвестные коэффициенты:

$$B_1 = \frac{1}{\Delta_0} \left[ \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2}\hat{\varphi}\right) - \exp(\lambda\hat{\varphi}) \right]$$

$$B_2 = \frac{1}{\Delta_0} \left[ \exp(\lambda\hat{\varphi}) - \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2}\hat{\varphi}\right) \right]$$

$$\text{где: } \Delta_0 = \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2}\hat{\varphi}\right) - \exp\left(\frac{Pe(1+\sqrt{D})}{2}\hat{\varphi}\right)$$

Отсюда получим:

$$f(\hat{z}) = \frac{1}{\Delta_0} \left\{ \left[ \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2}\hat{\varphi}\right) - \exp(\lambda\hat{\varphi}) \right] \exp\left(\frac{Pe(1+\sqrt{D})}{2}\hat{z}\right) + \left[ \exp(\lambda\hat{\varphi}) - \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2}\hat{\varphi}\right) \right] \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2}\hat{z}\right) \right\} \quad (16)$$

Учитывая равенство (11), уравнение (16) примет следующей вид:

$$\theta(\hat{z}, \tau) = \frac{e^{-\gamma\tau}}{\Delta_0} \left\{ \left[ \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2}\hat{\varphi}\right) - \exp(\lambda\hat{\varphi}) \right] \exp\left(\frac{Pe(1+\sqrt{D})}{2}\hat{z}\right) + \left[ \exp(\lambda\hat{\varphi}) - \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2}\hat{\varphi}\right) \right] \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2}\hat{z}\right) \right\} \quad (17)$$

Таким образом, получена закономерность вертикального изменения влаги в гидроморфных средах для произвольного момента времени.

Согласно постановке задачи теперь определим структуру закона управления [2, 3] для изменения уровня подземных вод, выполняющего условие:

$$\frac{\partial h(\bar{z}, \tau)}{\partial \tau} = \frac{1}{\mu_H} (W_1|_{\bar{z}} - W_2|_{\bar{z}+d\bar{z}}) \quad (18)$$

где:  $W_1|_{\bar{z}}$  (размерность- $[\frac{\text{метр}}{\text{сут}}]$ )- притока влаги через единицу поперечного сечения грунта за единицу времени за счет подпора уровня воды (подпор осуществляется за счет перемычки) в коллектора дренажных сетей;  $W_2|_{\bar{z}+d\bar{z}}$  (размерность- $[\frac{\text{метр}}{\text{сут}}]$ )- отток из элементарного объема водоносного пласта мощностью  $L$ . Теперь сформируем функцию  $h(\bar{z}, \tau)$  в виде приращения уровня грунтовых вод в зоне насыщения [5]:

$$\frac{\partial h(\bar{z}, \tau)}{\partial \tau} = \frac{1}{(\mu_H - \theta_m)} \frac{\partial}{\partial \tau} \int_{L_1}^L \theta dz \quad (19)$$

где:  $\mu_H = \theta_m - \theta_e$ ,  $\mu_H$  - коэффициент насыщения,  $\theta_m$  - полная влажность грунта (под свободной поверхностью грунтовых вод),  $\theta_e$  - влажность грунта в воздушно-сухом состоянии (над

свободной поверхностью грунтовых вод),  $L_1$  - мощность зоны аэрации,  $L$  - мощность водоносного пласта.

Подставляя соотношение (17) в (19), приведем уравнение (19) к следующей форме:

$$\begin{aligned} \frac{\partial h(\bar{z}, \tau)}{\partial \tau} = & \frac{1}{(\mu_H - \theta_m)} \frac{\partial}{\partial \tau} \frac{e^{-\gamma \tau}}{\Delta_0} \int_{L_1}^L \left[ \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2} \hat{\varphi}\right) - \exp(\lambda \hat{\varphi}) \right] \exp\left(\frac{Pe(1+\sqrt{D})}{2} \hat{z}\right) dz + \\ & + \frac{1}{(\mu_H - \theta_m)} \frac{\partial}{\partial \tau} \frac{e^{-\gamma \tau}}{\Delta_0} \int_{L_1}^L \left[ \exp(\lambda \hat{\varphi}) - \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2} \hat{\varphi}\right) \right] \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2} \hat{z}\right) dz \end{aligned} \quad (20)$$

Проинтегрировав (20), получим

$$\begin{aligned} \left. \frac{\partial h(\bar{z}, \tau)}{\partial \tau} \right|_{L_1 \leq \bar{z} \leq L} = & - \frac{e^{-\gamma \tau}}{\Delta_0 (\mu_H - \theta_m)} \left\{ \frac{2}{Pe(1+\sqrt{D})} \left[ \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2} \hat{\varphi}\right) - \exp(\lambda \hat{\varphi}) \right] * \right. \\ & * \left( \exp\left(\frac{Pe(1+\sqrt{D})}{2} L\right) - \exp\left(\frac{Pe(1+\sqrt{D})}{2} \hat{L}_1\right) \right) + \frac{2}{Pe(1-\sqrt{D})} \left[ \exp(\lambda \hat{\varphi}) - \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2} \hat{\varphi}\right) \right] * \\ & \left. \left( \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2} L\right) - \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2} \hat{L}_1\right) \right) \right\} \end{aligned} \quad (21)$$

Учитывая (21) и (18), определим управление  $W_1|_{\bar{z}}$  для уравнений (17) и (21).

Это управление имеет следующую структуру:

$$\begin{aligned} W_1|_{\bar{z}} = & W_2|_{\bar{z}+d\bar{z}} - \frac{\mu_H e^{-\gamma \tau}}{\Delta_0 (\mu_H - \theta_m)} \left\{ \frac{2}{Pe(1+\sqrt{D})} \left[ \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2} \hat{\varphi}\right) - \exp(\lambda \hat{\varphi}) \right] * \right. \\ & * \left( \exp\left(\frac{Pe(1+\sqrt{D})}{2} L\right) - \exp\left(\frac{Pe(1+\sqrt{D})}{2} \hat{L}_1\right) \right) + \frac{2}{Pe(1-\sqrt{D})} \left[ \exp(\lambda \hat{\varphi}) - \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2} \hat{\varphi}\right) \right] * \\ & \left. \left( \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2} L\right) - \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2} \hat{L}_1\right) \right) \right\} \end{aligned} \quad (22)$$

**Вывод:** Разработана гидравлическая модель вертикального влагопереноса в гидроморфных средах для произвольного момента времени, обусловленного орошением сельскохозяйственных культур. Получена структура закона управления уровнем грунтовых вод. Разработанные закономерности и выполняемые на их основе исследования могут представлять большой интерес для сектора сельского и водного хозяйства и позволят решить большое количество практических задач в условиях водного дефицита.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Повх И.Л. Техническая гидромеханика – Л.: Машиностроение, 1976.
2. Сейдж Э.П., Уайт Ч.С. Оптимальное управление системами. – М.: Радио и связь, 1982.
3. Нелинейные нестационарные системы / Под ред. Ю.И. Топчиева –М.: Машиностроение, 1986.
4. Махмудов И.Э. Гидравлическая модель конвективного влагосолепереноса в грунтах при орошении сельхозкультур // Проблемы механики. – 2012. - № 1. - С. 33-36.
5. Махмудов И.Э. Гидравлические подходы к решению вопросов субиригации при орошении сельскохозяйственных культур // Материалы респ. научно-практ. конф. «Вопросы

совершенствования эффективного использования водных ресурсов, а также улучшение мелиорации и экологии окружающей среды». – Ташкент, 2012. - С. 45-48.

6. Махмудов И.Э. Гидравлическая модель процесса переноса гомогенной смеси в гидроморфных средах, обусловленного изменением уровня подземных вод // Проблемы механики. – 2013. - № 2. - С. 27-31.

УДК 556.3+631.621

## ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ВЕРХНИХ СЛОЯХ ЗОНЫ АЭРАЦИИ ПРИ ОРОШЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

*И.Э. Махмудов, Н.К. Мурадов, Н. Хурсандова*

*(НИИИВП при ТИИМ, Каршинский инженерно-экономический институт)*

*Ҳароратнинг конвектив узатилиши назарияси асосида қишлоқ хўжалиги экинларини сугориши натижасида гидроморф муҳитларда ҳароратнинг ўзгариши жараёнини тавсифловчи бир ўлчовли кўп муҳитли гидравлик модел олинган ва ечилган. Олинган илмий-тадқиқот натижалари сув танқислиги шароитида қишлоқ хўжалиги экинларини сугоришида субирригация технологиясини жорий этишининг илмий асосини яратди.*

*We solve the problem of one-dimensional multi-phase: Based on the theory of convective heat transfer process of the hydraulic dependence of temperature change in the hydromorphic environments for arbitrary points in time, due to the irrigation of crops. The results of studies provide opportunity to create the conditions in sub-irrigation zones.*

*Решена одномерная (вертикальная) многофазная задача: на основе теории конвективного переноса тепла установлена гидравлическая зависимость процесса изменения температуры в гидроморфных средах для произвольного момента времени, обусловленного орошением сельскохозяйственных культур. Полученные результаты исследований дают возможность создания условий субирригации в зонах орошения сельскохозяйственных культур.*

**Актуальность.** Одной из важнейших проблем для мелиоративной практики является изучение температурного режима в верхних слоях зоны аэрации. В зоне суточных и годовых температурных колебаний происходят изменения в величинах амплитуд и в смещении максимумов и минимумов температур по сравнению с естественным режимом. При движении влаги в почвенном пространстве происходит заметное изменение температурного режима в верхних слоях зоны аэрации. Происходят также изменения температур ниже температурного слоя в зависимости от величины и направления фильтрации. Изучение этих факторов может быть положено в основу создания закономерности применения субирригации при орошении сельскохозяйственных культур.

**Постановка задачи.** При установлении зависимости для прогнозирования изменения температуры и влажности грунта при орошении сельскохозяйственных культур допустим, что влажность почвенной среды и ее температура не являются внешними характеристиками процесса и не могут задаваться независимо. Это объясняется тем, что в рассматриваемом случае влажность грунта и температура зависят от инфильтрационного потока или различных состояний уровня грунтовых вод, причем изменения температуры и влажности грунта тесно связаны между собой. Решение такой постановки задачи может быть исходным при изучении прикладных проблем, связанных с применением технологии субирригации.

**Гидравлическое моделирование.** Перейдем теперь к решению задачи об изменениях температуры почвогрунта, обусловленных инфильтрацией орошаемой воды. Рассмотрим одномерную задачу, т.е. процесс распространения тепла по вертикальной оси.

Пусть  $T(z, t)$  - температура в точке с координатой  $z$  в момент  $t$ . Установлено, что скорость распространения тепла, т.е. количество тепла, протекающего через сечение с аппликацией  $z$  за единицу времени, определяется формулой [1]:

$$q = -\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} S \quad (1)$$

где:  $S[см^2]$  - площадь сечения столба почвогрунта,  $a[\frac{см^2}{час}]$  - коэффициент теплопроводности.

Рассмотрим отсек столба почвогрунта, заключенный между сечениями с аппликатами  $z_1$  и  $z_2$  ( $z_2 - z_1 = \Delta z$ ). Количество тепла, прошедшего через сечение с аппликацией  $z_1$  за время  $\Delta t$ , будет равно  $\Delta Q_1 = -a \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z=z_1} S \Delta t$ , то же самое и для сечения с аппликацией  $z_2$ :

$$\Delta Q_2 = -a \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z=z_2} S \Delta t \quad (2)$$

Приток тепла  $\Delta Q_1 - \Delta Q_2$  в отсек столба почвогрунта за время  $\Delta t$  будет равняться:

$$\Delta Q_1 - \Delta Q_2 = [-a \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z=z_1} S \Delta t] - [-a \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z=z_2} S \Delta t] \quad (3)$$

На основе теоремы Лагранжа по отношению к разности  $\frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z=z_2} - \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z=z_1}$ , получим:

$$\frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z=z_2} - \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z=z_1} \approx \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \Delta z - \frac{\Delta z}{a} \frac{\partial u T}{\partial z} \quad (4)$$

На основании (3) и (4) получим:

$$\Delta Q_1 - \Delta Q_2 = [-a \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z=z_1} S \Delta t] - [-a \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z=z_2} S \Delta t] \approx a \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \Delta z S \Delta t - \frac{\partial u T}{\partial z} \Delta z S \Delta t \quad (5)$$

Этот приток тепла за время  $\Delta t$  затрачен на повышение температуры отсека почвогрунта на величину  $\Delta T$ :

$$\Delta Q_1 - \Delta Q_2 = \Delta z S \Delta T \quad \text{или} \quad \Delta Q_1 - \Delta Q_2 = \Delta z S \frac{\partial T}{\partial t} \Delta t \quad (6)$$

Приравнявая выражения (5) и (6) одного и того же количества тепла, получим:

$$\Delta z S \frac{\partial T}{\partial t} \Delta t = a \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \Delta z S \Delta t - \frac{\partial u T}{\partial z} \Delta z S \Delta t$$

или после соответствующих сокращений получим:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial u T}{\partial z} = a \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (7)$$

Таким образом, получено уравнение (7) распространения тепла по вертикальной оси почвогрунта при инфильтрации орошаемой воды.

Теперь произведем гидравлическое моделирование конвективного теплопереноса в гидроморфных средах, обусловленного орошением сельскохозяйственных культур.

Исходим из того, что изменения температуры в гидроморфных средах связаны с величиной  $v$  и определяются разностью скоростей фильтраций, а перенос тепла, связанный с величиной  $a$  - разностью температур. В связи с этим, для описания гидравлических параметров в теплопереносе в почвенном пространстве используем критерий подобия Прандтля, а для описания структуры теплового потока используем критерий подобия Пекле [2, 4].

Введем безразмерные параметры  $z = h \bar{z}$ ,  $t = \frac{h^2}{v} \tau$ , где  $h, v$  - характерные размерные величины (глубина проникновения тепла и кинематическая вязкость, соответственно). Тогда уравнение (7) примет вид:

$$\frac{v}{h^2} \frac{\partial T}{\partial \tau} + \frac{u}{h} \frac{\partial T}{\partial \bar{z}} = \frac{a}{h^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \bar{z}^2} \quad (8)$$

Умножая обе части уравнения на  $\frac{h}{u}$ , и учитывая  $Re = \frac{uh}{\nu}$  - число Рейнольдса и

$Pe = \frac{uh}{a}$  - число Пекле, получим:

$$\frac{1}{Re} \frac{\partial T}{\partial \tau} + \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{1}{Pe} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (9)$$

Умножая обе части уравнения (9) на  $Pe$ , получим

$$Pr_T \frac{\partial T}{\partial \tau} + Pe \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (10)$$

где  $Pr_T$  -тепловое число Прандтля. Таким образом, получена одномерная гидравлическая модель конвективного теплопереноса в гидроморфных средах, обусловленного орошением сельскохозяйственных культур.

### Численные эксперименты с использованием гидравлической модели.

Для решения уравнения (10) введем функцию  $f(\hat{z})$  в виде [3]:

$$T(\hat{z}, \tau) = e^{-\gamma \tau} f(\hat{z}) \quad (11)$$

Учитывая равенство (11), уравнение (10) примет следующий вид:

$$\frac{d^2 f}{d \hat{z}^2} - Pe \frac{df}{d \hat{z}} + \gamma Pr_T f(\hat{z}) = 0 \quad (12)$$

Искомую функцию напишем как

$$f(\hat{z}) = e^{\beta \hat{z}} \quad (13)$$

Тогда из (12) для  $\beta$  получим характеристическое уравнение

$$\beta^2 - \beta Pe + \gamma Pr_T = 0 \quad (14)$$

Решая уравнение (14), получим

$$\beta_{1,2} = \frac{Pe (1 \pm \sqrt{D})}{2}, \text{ где: } D = 1 - \frac{4\gamma}{Re}, \quad D > 0$$

Тогда решением дифференциального уравнения будет

$$f(\hat{z}) = B_1 \exp\left(\frac{Pe (1 + \sqrt{D})}{2} \hat{z}\right) + B_2 \exp\left(\frac{Pe (1 - \sqrt{D})}{2} \hat{z}\right) \quad (15)$$

Учитывая краевые условия  $f(\hat{z})|_{\hat{z}=0} = 1$ ,  $f(\hat{z})|_{\hat{z}=\hat{h}} = e^{\lambda \hat{h}}$ , получим следующие уравнения для коэффициентов:

$$B_1 + B_2 = 1$$

$$B_1 \exp\left(\frac{Pe (1 + \sqrt{D})}{2} \hat{h}\right) + B_2 \exp\left(\frac{Pe (1 - \sqrt{D})}{2} \hat{h}\right) = \exp(\lambda \hat{h}) \quad (16)$$

Решением системы линейных алгебраических уравнений методом Крамера определим неизвестные коэффициенты:

$$B_1 = \frac{1}{\Delta_0} \left[ \exp\left( \frac{Pe (1 - \sqrt{D})}{2} \hat{h} \right) - \exp(\lambda \hat{h}) \right]$$

$$B_2 = \frac{1}{\Delta_0} \left[ \exp(\lambda \hat{h}) - \exp\left( \frac{Pe (1 - \sqrt{D})}{2} \hat{h} \right) \right]$$

Отсюда получим:

$$f(\hat{z}) = \frac{1}{\Delta_0} \left\{ \left[ \exp\left( \frac{Pe (1 - \sqrt{D})}{2} \hat{h} \right) - \exp(\lambda \hat{h}) \right] \exp\left( \frac{Pe (1 + \sqrt{D})}{2} \hat{z} \right) + \right. \\ \left. + \left[ \exp(\lambda \hat{h}) - \exp\left( \frac{Pe (1 - \sqrt{D})}{2} \hat{h} \right) \right] \exp\left( \frac{Pe (1 - \sqrt{D})}{2} \hat{z} \right) \right\} \quad (17)$$

Таким образом, получена закономерность вертикального изменения температуры в гидроморфных средах для произвольного момента времени:

$$T(\hat{z}, \tau) = \frac{e^{-\gamma\tau}}{\Delta_0} \left\{ \left[ \exp\left( \frac{Pe (1 - \sqrt{D})}{2} \hat{h} \right) - \exp(\lambda \hat{h}) \right] \exp\left( \frac{Pe (1 + \sqrt{D})}{2} \hat{z} \right) + \right. \\ \left. + \left[ \exp(\lambda \hat{h}) - \exp\left( \frac{Pe (1 - \sqrt{D})}{2} \hat{h} \right) \right] \exp\left( \frac{Pe (1 - \sqrt{D})}{2} \hat{z} \right) \right\} \quad (18)$$

**Вывод:** Разработана гидравлическая модель вертикального теплопереноса в гидроморфных средах для произвольного момента времени, обусловленного орошением сельскохозяйственных культур. Разработанные закономерности и выполняемые на их основе исследования могут представлять большой интерес для сектора сельского и водного хозяйства и позволят решить большое количество практических задач в условиях водного дефицита.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Повх И.Л. Техническая гидромеханика – Л.: Машиностроение, 1976.
2. Махмудов И.Э. Гидравлическая модель конвективного влаго-солепереноса в грунтах при орошении сельхозкультур // Проблемы механики. – 2012. - № 1. - С. 33-36.
3. Махмудов И.Э. Разработка научно-методических мер по повышению эффективности и надежности управления использованием водных ресурсов в ирригационных системах // Экология плюс (Научно-производ. экологич. журнал). – 2013. - № 1.- С. 28-31.
4. Махмудов И.Э. Диффузионное перемешивание воды в системе питьевого водоснабжения // Мир науки, культуры, искусства / СО АН России. – 2008. - № 8. - С. 29-32.

УДК 626.8

## УПРАВЛЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДЫ В ИРРИГАЦИОННЫХ КАНАЛАХ ПРИ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ ЗНАЧЕНИЯХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОДНОГО ПОТОКА

*И.Э. Махмудов, У.А. Садиев, М.Ш. Гелдиев*

*(НИИИВП при ТИИМ, Каршинский инженерно-экономический институт)*

*Бошқарув назарияси асосида: ирригация каналлариға экспоненциал қонуният бүйича сув ўзатилишида, ихтиёрый вақт моментида сув оқими чуқурлиғи ўзгаришининг бошқарув модели яратилди ва ечими олинди. Олинган илмий-тадқиқот натижалари сув оқими гидравлик параметрларининг ўзгарувчан*

қийматларида ирригация каналларида сувдан фойдаланиш бошқарувининг барқарор ва самарали усулларини яратиш имкониятини беради.

Решена одномерная гидравлическая задача: на основе теории управления установлена гидравлическая модель управления для изменения глубины потока воды в ирригационных каналах, обусловленного экспоненциальным законом подачи воды для произвольного момента времени. Полученные результаты исследования дают возможность разработки надежных и эффективных методов управления использованием воды в гидротехнических системах при изменяющихся значениях гидравлических параметров водного потока.

**Актуальность.** В условиях Узбекистана внедрение и использование эффективных водосберегающих технологий и усовершенствование методов управления водными ресурсами являются актуальной задачей и эффективным рычагом для повышения продуктивности орошаемого земледелия, получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур на фоне минимального водопотребления и в условиях дефицита водных ресурсов. При этом немаловажное значение имеет разработка надежных и эффективных методов управления использованием воды в гидротехнических системах при изменяющихся значениях гидравлических параметров водного потока.

**Постановка задачи.** Для установления гидравлической зависимости управления использованием воды в ирригационных каналах при изменяющихся значениях гидравлических параметров водного потока допустим, что движение воды одномерное, плотность, вязкость и гидравлическая крупность наносов являются величинами постоянными. Подача воды в ирригационном канале осуществляется по экспоненциальному закону и поэтому, рассматривая движение вязкой несжимаемой жидкости в ирригационных каналах, устанавливаем гидравлическую модель для управления глубиной потока воды.

**Гидравлическое моделирование.** Рассмотрим одномерную задачу процесса изменения скорости течения воды в ирригационных каналах, обусловленного изменением режима подачи воды. Пусть  $u(x, t)$  – скорость в точке с координатами  $x$  в момент времени  $t$ . Рассмотрим отсек потока воды с длиной  $l$  в канале (рис. 1), т.е. между сечениями (1-1) и (2-2) с абсциссами  $x_1$  и  $x_2$  ( $x_2 - x_1 = \Delta x$ ). Количество воды, прошедшей через сечение с абсциссой  $x_1$ , за время  $\Delta t$ , будет

$$\text{равно } \Delta Q_1 = \frac{\nu}{\Delta x} \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=x_1} \omega \Delta t, \text{ а для сечения с абсциссой } x_2 -$$

$$\Delta Q_2 = \frac{\nu}{\Delta x} \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=x_2} \omega \Delta t$$

Изменение количества воды в отсеке за время  $\Delta t$  будет равняться:

$$\Delta Q_2 - \Delta Q_1 = \frac{\nu}{\Delta x} \omega \Delta t \left( \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=x_2} - \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=x_1} \right) \quad (1)$$

На основе теоремы Лагранжа по отношению к разности  $\frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=x_2} - \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=x_1}$ , получим:

$$\frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=x_2} - \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=x_1} \approx \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \Delta x - \frac{\Delta x}{\nu} V_0 \frac{\partial u}{\partial x} \quad (2)$$

где:  $V_0$  - средняя по живому сечению скорость притока воды,  $\omega$  - площадь живого сечения потока,  $\nu$  - кинематическая вязкость. На основании (1) и (2) получим:

$$\Delta Q_2 - \Delta Q_1 \approx \nu \omega \Delta t \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \omega \Delta t V_0 \frac{\partial u}{\partial x} \quad (3)$$

Учитывая, что подача воды в ирригационном канале осуществляется по экспоненциальному закону, для изменения расхода потока получим:

$$\Delta Q_2 - \Delta Q_1 \approx \omega \Delta t p(t) \frac{\partial u}{\partial t} \quad (4)$$

где:  $p(t) = e^{-\int_0^t \lambda dt}$  - надежность или вероятность исправной работы ирригационного канала ( $p(t)$  - функция от времени, безразмерная величина,  $\lambda$  - интенсивность отказов) [3].

Приравнявая выражения (3) и (4), получим:

$$\omega \Delta t p(t) \frac{\partial u}{\partial t} = \nu \omega \Delta t \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \omega \Delta t V_0 \frac{\partial u}{\partial x} \text{ или после соответствующих сокращений получим}$$

$$p(t) \frac{\partial u}{\partial t} = \nu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - V_0 \frac{\partial u}{\partial x} \quad (5)$$

Таким образом, получено уравнение (5) динамики изменения скорости потока, обусловленное изменением экспоненциального закона подачи воды в ирригационном канале.

Учтем, что в открытых ирригационных каналах движение воды происходит под действием сил инерции и вязкости, для описания структуры потока воды используем критерий подобия Рейнольдса.

В связи с этим, введем безразмерные параметры  $x = l\bar{x}$ ,  $t = \frac{l^2}{\nu} \tau$ , где  $l, \nu$  - характерные размерные величины (длина отсека между сечениями (1-1) и (2-2) и кинематическая вязкость соответственно) и после соответствующих сокращений получим:

$$p(\tau) \frac{\partial u}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 u}{\partial \bar{x}^2} - \frac{V_0 l}{\nu} \frac{\partial u}{\partial \bar{x}} \text{ где: } p(\tau) = e^{-\frac{l^2}{\nu} \int_0^\tau \lambda d\tau}$$

или

$$p(\tau) \frac{\partial u}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 u}{\partial \bar{x}^2} - \text{Re} \frac{\partial u}{\partial \bar{x}} \quad (6)$$

где:  $\text{Re}$  - динамическое число Рейнольдса. Таким образом, получена одномерная гидравлическая модель изменения средней скорости потока воды в ирригационных каналах, обусловленная экспоненциальным режимом подачи воды.

**Численные эксперименты с использованием гидравлической модели.**

Для решения уравнения (6) введем функцию  $f(\hat{x})$  в виде [4, 5]:

$$u(\hat{x}, \tau) = e^{-\gamma \tau} f(\hat{x}) \quad (7)$$

Учитывая равенство (7), уравнение (6) примет следующий вид:

$$-\gamma p(\tau) \frac{\partial f(\bar{x})}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 f(\bar{x})}{\partial \bar{x}^2} - \text{Re} \frac{\partial f(\bar{x})}{\partial \bar{x}} \quad (8)$$

Искомую функцию напишем как

$$f(\hat{x}) = e^{\beta \hat{x}} \quad (9)$$

Тогда из (8) для  $\beta$  получим характеристическое уравнение

$$\beta^2 - \beta \text{Re} + \gamma p(\tau) = 0 \quad (10)$$

Решая уравнение (10), получим

$$\beta_{1,2} = \frac{\text{Re} \pm \sqrt{D}}{2}, \text{ где: } \sqrt{D} = \sqrt{\text{Re}^2 - 4\gamma p(\tau)}, \quad D > 0$$

Тогда решением дифференциального уравнения будет



$$f(\hat{x}) = B_1 \exp\left(\frac{\operatorname{Re} + \sqrt{D}}{2} \hat{x}\right) + B_2 \exp\left(\frac{\operatorname{Re} - \sqrt{D}}{2} \hat{x}\right) \quad (11)$$

Учитывая краевые условия  $f(\bar{x})|_{x=0} = 1$ ,  $f(\bar{x})|_{x=L} = e^{\beta \hat{L}}$ , получим следующие уравнения для коэффициентов:

$$\begin{aligned} B_1 + B_2 &= 1 \\ B_1 \exp\left(\frac{\operatorname{Re} + \sqrt{D}}{2} \hat{x}\right) + B_2 \exp\left(\frac{\operatorname{Re} - \sqrt{D}}{2} \hat{x}\right) &= \exp(\beta \hat{L}) \end{aligned} \quad (12)$$

Решением системы линейных алгебраических уравнений методом Крамера определим неизвестные коэффициенты:

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{1}{\Delta_0} \left[ \exp\left(\frac{\operatorname{Re} - \sqrt{D}}{2} \hat{L}\right) - \exp(\beta \hat{L}) \right] \\ B_2 &= \frac{1}{\Delta_0} \left[ \exp\left(\frac{\operatorname{Re} - \sqrt{D}}{2} \hat{L}\right) - \exp\left(\frac{\operatorname{Re} + \sqrt{D}}{2} \hat{L}\right) \right] \end{aligned}$$

Отсюда получим:

$$\begin{aligned} f(\hat{x}) &= \frac{1}{\Delta_0} \left\{ \left[ \exp\left(\frac{\operatorname{Re} - \sqrt{D}}{2} \hat{L}\right) - \exp(\beta \hat{L}) \right] \exp\left(\frac{\operatorname{Re} + \sqrt{D}}{2} \hat{x}\right) + \right. \\ &+ \left. \left[ \exp\left(\frac{\operatorname{Re} - \sqrt{D}}{2} \hat{L}\right) - \exp\left(\frac{\operatorname{Re} + \sqrt{D}}{2} \hat{L}\right) \right] \exp\left(\frac{\operatorname{Re} - \sqrt{D}}{2} \hat{x}\right) \right\} \end{aligned} \quad (13)$$

В итоге получим закономерность одномерного изменения скорости потока воды в ирригационных каналах, обусловленную экспоненциальным законом подачи воды для произвольного момента времени:

$$\begin{aligned} u(\hat{z}, \tau) &= \frac{e^{-\gamma \tau}}{\Delta_0} \left\{ \left[ \exp\left(\frac{\operatorname{Re} - \sqrt{D}}{2} \hat{L}\right) - \exp(\beta \hat{L}) \right] \exp\left(\frac{\operatorname{Re} + \sqrt{D}}{2} \hat{x}\right) + \right. \\ &+ \left. \left[ \exp\left(\frac{\operatorname{Re} - \sqrt{D}}{2} \hat{L}\right) - \exp\left(\frac{\operatorname{Re} + \sqrt{D}}{2} \hat{L}\right) \right] \exp\left(\frac{\operatorname{Re} - \sqrt{D}}{2} \hat{x}\right) \right\} \end{aligned} \quad (14)$$

Согласно постановке задачи, определим управление  $h(\bar{x}, \tau)$  для системы уравнений (14), выполняющее условие  $h_{\min} < h(\bar{x}, \tau) \leq h_{\max}$ .

Допустим, что  $u \approx V$ , в этом случае уравнение (14) принимает вид:

$$\begin{aligned} Q(\bar{x}, \tau) &\approx \frac{\omega e^{-\gamma \tau}}{\Delta_0} \left\{ \left[ \exp\left(\frac{\operatorname{Re} - \sqrt{D}}{2} \hat{L}\right) - \exp(\beta \hat{L}) \right] \exp\left(\frac{\operatorname{Re} + \sqrt{D}}{2} \hat{x}\right) + \right. \\ &+ \left. \left[ \exp\left(\frac{\operatorname{Re} - \sqrt{D}}{2} \hat{L}\right) - \exp\left(\frac{\operatorname{Re} + \sqrt{D}}{2} \hat{L}\right) \right] \exp\left(\frac{\operatorname{Re} - \sqrt{D}}{2} \hat{x}\right) \right\} \end{aligned} \quad (15)$$

Допустим, что расход воды в ирригационном канале изменяется по понижающему экспоненциальному закону

$$Q(\bar{x}, \tau) = Q_{np}^0(\bar{x}) \exp(-\lambda t)$$

Учитывая (15), получим уравнение управления глубиной потока при изменяющихся значениях гидравлических параметров водного потока в ирригационном канале в форме трапецеидального поперечного сечения [1, 2]:

$$h(\bar{x}, \tau) \approx \frac{2\Delta_0 Q_{np}^0(\bar{x}) \exp(-\lambda \tau)}{(b+B)e^{-\tau c}} \left\{ \left[ \exp\left(\frac{\text{Re}-\sqrt{D}}{2} \hat{L}\right) - \exp(\beta \hat{L}) \right] \exp\left(\frac{\text{Re}+\sqrt{D}}{2} \hat{x}\right) + \left[ \exp\left(\frac{\text{Re}-\sqrt{D}}{2} \hat{L}\right) - \exp\left(\frac{\text{Re}+\sqrt{D}}{2} \hat{L}\right) \right] \exp\left(\frac{\text{Re}-\sqrt{D}}{2} \hat{x}\right) \right\}^{-1} \quad (16)$$

**Вывод:** Таким образом, получена гидравлическая модель управления для изменения глубины потока воды в ирригационных каналах, обусловленная экспоненциальным законом подачи воды.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Сейдж Э.П., Уайт Ч.С. Оптимальные управления системами. – М.: Радио и связь, 1982.
2. Нелинейные нестационарные системы / Под ред. Ю.И. Топчеева. – М.: Машиностроение, 1986.
3. Комаров А.А. Надежность гидравлических систем. – М.: Машиностроение, 1989.
4. Махмудов И.Э. Гидравлическая модель конвективного влагосолепереноса в грунтах при орошении сельхозкультур // Проблемы механики. – 2012. - № 1. - С. 33-36.

УДК 626.816

## К ВЫБОРУ НОВОГО УСТОЙЧИВОГО БЕСПЛОТИННОГО ВОДОЗАБОРА ИЗ Р. АМУДАРЬЯ ДЛЯ НАДЕЖНОГО ВОДОБЕСПЕЧЕНИЯ ЮЖНЫХ РЕГИОНОВ УЗБЕКИСТАНА

*Д.Э. Махмудова, Х.М. Дурдиев Р.А. Эрманов  
(НИИИВП при ТИИМ)*

*Мақолада Ўзбекистоннинг жанубий ҳудудлари учун сув ресурслари танқис бўлган ҳолатида Амударёдан турғун сув олиш нуқтасининг гидравлик ва гидрологик параметрлари асосланган. Олинган натижалар асосида трансчегаравий Амударёдан сув олиш иншооти режаслаштирилган ҳудуди ва дарё қирқимининг таснифлари мақолада ёритиб берилган.*

*Мақолани тайёрлашда А7-ФА-1-155180 «Трансчегаравий Амударё ҳавзасида сув хўжалиги ҳолати мураккаблашганда Ўзбекистон Республикасини турғун сув билан таъминлашнинг илмий услубий асосларини яратиш» Мега лойиҳасининг илмий-тадқиқот ҳисоботи материалларидан фойдаланилди*

*In the article it is explained a necessary hydrological and hydraulic parameters of the new range water intake on Amu Darya river for ensuring by water to south region in the Republic of Uzbekistan in condition of insufficiency of the arrival water resources. Furthermore, it is showed the results of the research of the territory and features of the location supposed water intake from Amu Darya transboundary river.*

*During the preparation of article it was used materials of research report on the Mega project А7-FA-1-15518 of “Developing scientific-methodical base of stable water supply in the Republic of Uzbekistan in the condition of the intensification hydroeconomic situations on Amu Darya transboundary river”.*

*В статье дано обоснование необходимых гидрологических и гидравлических параметров нового створа водозабора на р. Амударья для обеспечения водой южных регионов Республики Узбекистан в условиях ограниченности поступления водных ресурсов. Приведены результаты исследований территории и характеристики расположения предполагаемого водозабора из трансграничной р. Амударья.*

*Для подготовки статьи использованы материалы научно-исследовательского отчета по Мега-проекту А7-ФА-1-15518. «Разработка научно-методических основ устойчивого водобеспечения*

*Республики Узбекистан в условиях обострения водохозяйственной обстановки на трансграничной реке Амударья».*

**Актуальность.** Большая часть Узбекистана, около 86 % территории и более 55 % орошаемых земель, расположена в бассейне реки Амударья. Часть поверхностных водных ресурсов бассейна реки Амударья, сформированных на территории Узбекистана (рек Сурхандарья, Кашкадарья, Заравшан), оцениваются по среднемноголетнему стоку всего в 4,8 куб. км, что крайне недостаточно для обеспечения потребности нашей страны.

Река Амударья для Республики Узбекистан является стратегическим источником для обеспечения водой основных сельскохозяйственных и промышленных регионов (Сурхандарьинская, Кашкадарьинская, Навоийская, Хорезмская области и Республика Каракалпакстан). В настоящее время в Республике Таджикистан и в Афганистане предпринимаются меры по созданию таких систем регулирования стока реки Амударья (строительство Рогунской ГЭС на р. Вахш, Даштиджумской, Рушанской и Верхнеамударьинской ГЭС на р. Пяндж), при строительстве которых Узбекистан лишается возможности бесплотинного водозабора из р. Амударья.

2011 и 2013 гг. показали, что отсутствие мер по обеспечению устойчивого водообеспечения Кашкадарьинской области из р. Амударья привело к чрезвычайным водохозяйственным обстоятельствам. Оценка такого состояния изложена в директивных документах.

**Результаты научно-исследовательской работы.** Были выполнены работы по оценке состояния реки Амударья в створе предполагаемого водозабора для трассы нового канала переброски воды на территории Сурхандарьинской, Кашкадарьинской, Бухарской и Навоийской областей Узбекистана. Проведено изучение космических снимков, по которым установлена наиболее благоприятная точка водозабора для нового канала переброски (рис. 1).

Одно из необходимых требований для создания водозаборных гидротехнических сооружений, в частности бесплотинного водозабора, - это устойчивость русла реки на участке строительства. Водозабор следует располагать в пределах устойчивого участка русла криволинейного очертания, на вогнутом берегу, ниже вершины кривой, в зоне наибольших глубин.



*Рис. 1 - Планируемая точка водозабора для нового канала переброски амударьинской воды*

Водозаборное сооружение не должно способствовать деформации русла, образованию ледовых заторов; должно обеспечивать забор воды с минимальным захватом взвешенных и влекомых наносов.

По материалам геологических изысканий и исследований ГИДРОПРОЕКТА им С.Я. Жука (1970 г.) «Генеральная схема комплексного использования водных ресурсов р. Амударья. Продольный профиль р. Амударья. Разбивка на ступени использования» на расстоянии 57,3 км от створа Термез вверх по течению реки Амударья было предусмотрено строительство Заршанского гидроузла. Произведены геологические и литологические исследования данного участка реки Амударья. По результатам исследований установлено, что русло реки на этом участке сложено песчано-глинистыми и конгломератовыми породами, по стратиграфии относится к Мезокайнозойской группе  $Q_{1-4}$  – четвертичная система (от нижнего отдела до современного).

Материалы изысканий и исследования, проведенные на этапе обоснования Заршанского гидроузла, показывают, что створ Заршанского гидроузла расположен на устойчивом участке русла реки Амударья. Предлагаемое нами местонахождение нового бесплотинного водозабора также совпадает с участком реки, где ранее планировалось строительство Заршанского плотинного гидроузла.

Расчетами нового бесплотинного водозабора определены расходы ныне существующих, но ненадежных сооружений, подающих воду в машинные каналы:

- Насосным станциям системы Аму-Занг в Сурхандарьинской области с расходом воды

$$Q_1 = 100 \text{ м}^3/\text{с};$$

- Насосную станцию Жайхун в Сурхандарьинской области с расходом воды  $Q_2 = 95 \text{ м}^3/\text{с}$ ;

- Каршинский каскад насосных станций в Кашкадарьинской области с расходом воды

$$Q_3 = 175 \text{ м}^3/\text{с};$$

- Насосную станцию Хамза-1 в Бухарской области с расходом воды  $Q_4 = 64 \text{ м}^3/\text{с}$ ;

- Насосную станцию Хамза-2 в Бухарской области с расходом воды  $Q_5 = 105 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Таким образом, новый бесплотинный водозабор должен обеспечить подачу расхода воды  $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 100 + 95 + 175 + 64 + 105 + 40,5 = 579 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Известно, что основная водосборная часть реки Амударья расположена в горной и высокогорной местности. Преобладающим источником питания большинства рек являются талые воды сезонного снежного покрова; меньший удельный вес составляют воды ледников, а также дождевые воды. В зависимости от высотного положения водосбора, степени и времени увлажнения его осадками, доля в питании рек тех или иных источников существенно меняется, в связи с этим в той или иной мере меняется и режим стока.

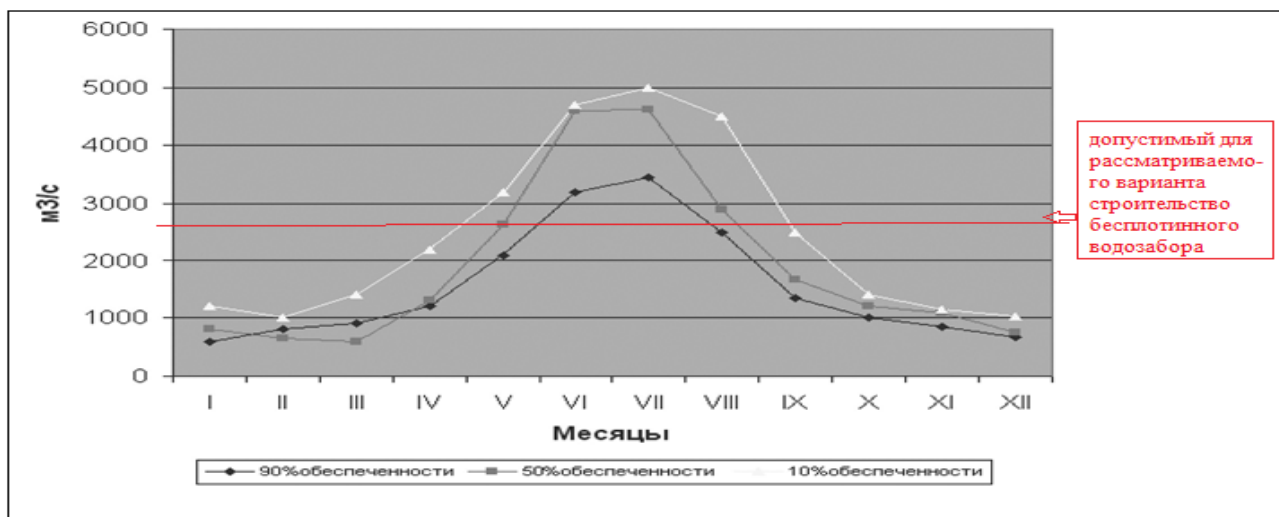


Рис. 2 - Внутригодовая изменчивость стока Амударьи в зависимости от различной обеспеченности

Сток реки Амударья характеризуется существенной внутригодовой (рис. 2) и многолетней неравномерностью, и в маловодный год (90 % обеспеченности) он на  $23 \text{ км}^3$  (рис. 3) меньше, чем в год средней водности. Многолетние наблюдения за режимом формируемого стока реки Амударья показывают, что наиболее благоприятным для ирригации является распределение стока Амударья с максимумом в июле, августе.

Многоводные годы наступают периодически через 6-10 лет и имеют продолжительность 2-3 года, но чаще встречаются маловодные периоды, наблюдающиеся через 4-7 лет и имеющие затяжной характер - до 6 лет.

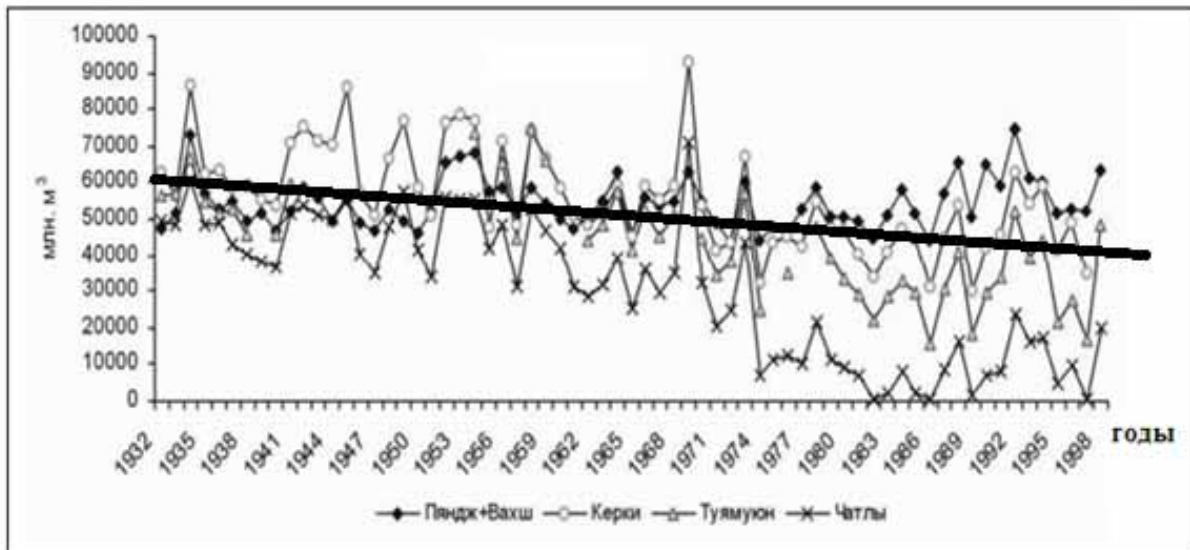


Рис. 3 - Многолетний тренд стока Амударьи за 1932-1999 гг. (ГЭФ/ ВБ, WEMP, 2002)

Проведенные ранее исследования показывают [1], что колебания стока в циклах весьма значительные: в период 8-летнего маловодья (1960/61 – 1967/68) сток Амударьи составлял только 90 % от нормы. В течение 2-летнего многоводного цикла (1968/69 – 1969/70) он превышал норму более чем на 30 %. Колебания годового стока характеризует коэффициент вариации: чем выше значение коэффициента, тем больше изменчивость стока.

Приведенные рис. 2 и 3 подтверждают, что водные ресурсы на данном створе р. Амударья достаточны, т.е. сток реки - более 82 % от планируемого отбора воды и для создания бесплотинного водозабора с гидрологической точки зрения нет препятствий.

Изучением многолетних данных колебаний горизонта воды на данном участке реки Амударья установлена отметка ГВ 305,8 м.

В целях защиты от прямого попадания донных наносов в канал переброски, планируется сооружение порога высотой 0,8 м. Гидравлическими расчетами для расчетного расхода  $Q=579 \text{ м}^3/\text{с}$  установлена ширина водозабора, она равняется 32 м, при этом напор над порогом принят  $H=5 \text{ м}$ .

Кроме того, данная точка водозабора обладает рядом преимуществ для проведения трассы канала, что показывает топография местности участка водозабора (рис. 4).

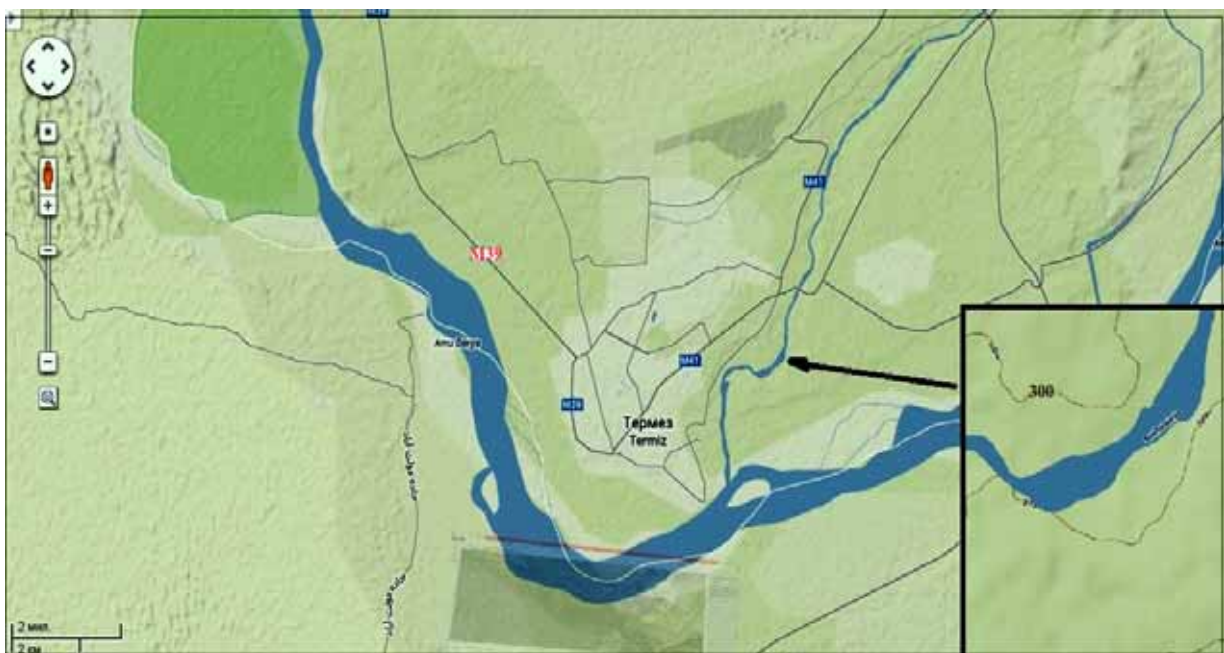


Рис. 4 - Снимок участка реки для создания водозабора и проведения трассы канала переброски воды

#### Выводы и рекомендации:

1 Предложено создать бесплотинный водозабор для устойчивого водообеспечения территорий Сурхандарьинской, Кашкадарьинской, Бухарской и Навоийской областей Республики Узбекистан.

2. Определены и рекомендуются гидравлические параметры бесплотинного водозабора.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Махмудов Э.Ж., Махмудов И.Э., Шерфетдинов Л.З. Изъятие водного стока в бассейне Аральского моря // Проблемы освоения пустынь. - 2006. - № 3. - С. 34-39.

УДК 631.51

## СИСТЕМЫ МИНИМАЛЬНЫХ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ

*А.Н. Морозов*  
(ОАО Гидропроект)

*The article describes the minimum tillage, and history of its development is given. It shows the benefits of replacing the real tillage method by treatment with subsurface-cultivators. It is indicated that probably at the first stage of implementation application of minimum rainfed technologies would be most effective.*

*В статье приводится описание минимальных обработок почвы и история их развития. Показаны преимущества замены вспашки с оборотом пласта обработкой культиваторами-плоскорезами. Указано, что вероятно на первом этапе внедрения, применение минимальных технологий на богаре наиболее эффективно.*

Как известно, земледелие в аридной зоне практически невозможно без комплекса мелиораций, т.е. без улучшения питательного, водного, воздушного и солевого режима почвы. Достигается это различными агротехническими приёмами, влагосбережением, орошением, механическими обработками и дренированием. Причём давно известно, что отсутствие какого-либо звена в этом комплексе не может быть заменено другим и поэтому становится фактором, лимитирующим плодородие почвы.

#### **НЕМНОГО ИСТОРИИ:**

Почти все шесть тысяч лет культурного земледелия почва не перекапывалась и отвальная вспашка на ней не производилась. Почва обрабатывалась сохой, которая делала борозду без переворота пласта. В борозду клали семена, осенью урожай собирали, а пожнивные остатки оставляли на полях, что содействовало накоплению гумуса в почве.

Несколько столетий назад изобрели плуг, который осуществлял глубокую вспашку почвы с оборотом пласта. Применение отвальной обработки почвы вначале позволяло добиться увеличения урожая, так как при глубокой вспашке (перекопке) почвы резко усиливается доступ кислорода в разрыхлённые слои почвы и гумус начинает активно минерализоваться, почва пополняется большим количеством минеральных элементов, что ускоряет развитие растений и временно увеличивает её плодородие. Этим объясняются высокие урожаи, получаемые в первые годы возделывания целинных земель [1].

Однако, из-за сокращения количества возвращаемой в почву органики уменьшается содержание гумуса из-за его повышенной минерализации, в дальнейшем происходит очень быстрое (в течение 2-4 лет) обеднение почвы.

В последующем ученые установили, что обеднение почвы происходит не только вследствие сокращения количества вносимых в нее органических веществ. Нарушение структуры порового пространства, вызванное глубокой пахотой и уплотнением подпахотных горизонтов, в течение нескольких лет приводит к полному изменению влаго- и газообмена почвы, а все в целом, - к уменьшению плодородия почвы и снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Эту проблему частично стали решать внесением минеральных удобрений, а глубокая вспашка и перекопка почвы стали рассматриваться как часть традиционной системы земледелия. На протяжении нескольких веков вспашка стала основным видом обработки почвы, хотя поиски замены ее неглубокими обработками не прекращались.

С.М. Скорняков [2], анализируя работы российских и зарубежных учёных, рекомендовавших отказаться от глубокой пахоты с оборотом пласта, упоминает:

- Д.И. Менделеева, писавшего свыше 120 лет назад, что «...очень многие впадают в ошибку, полагая, что если больше раз вспахать, тем лучше»;
- основополагающие работы русского ученого И.Е. Овсинского (1898) [3, 4];
- французского доктора А. Делюка, пропагандировавшего опыт крестьянина Жана (1910);
- немца Ф. Ахенбаха (1921);
- англичанина Битсона (1928);
- американца Э. Фолкнера (1943) и других.

Ещё в 1892 г. П.А. Костычев опубликовал работу, в которой сообщил, что на юге России при засухе мелкая вспашка способствует сохранению влаги в основной массе почвы и увеличивает урожай. Навоз он рекомендовал разбрасывать по поверхности почвы.

И.Е. Овсинский – знаменитый агроном - теоретически обосновал и осуществил на практике систему обработки почвы, которая стала основой всех современных «минимальных технологий» обработки почвы. Его работы были опубликованы в 1899-1909 гг. [3, 4]

В 30-х годах прошлого века известный советский ученый, академик Н. М. Тулайков показал, что мелкая вспашка на глубину 10-13 см в засушливых областях дает хороший результат.

«Безумие пахаря» – эти слова принадлежат Антуану де Сент-Экзюпери, и написал он их в те годы, когда после катастрофических пыльных бурь 1930-х в США появился интерес к почвозащитным системам земледелия, а в 1943 году была издана знаменитая среди агрономов книга фермера Э. Фолкнера - «Безумие пахаря».

В 40-х годах 20 века появились работы американских исследователей об успешном применении в течение многих лет в засушливых районах США и Канады безотвальной мелкой обработки почвы для предотвращения эрозии. Оставление пожнивных остатков на поверхности полей увеличивало плодородие почв, значительно уменьшало непродуктивное испарение с поверхности почвы, сток воды с полей, водную и ветровую эрозию.

Широкое внимание агрономической общественности привлекли работы Т.С. Мальцева [5], предложившего проводить глубокое рыхление (на 40—50 см) без перемещения горизонтов пахотного слоя. Для такой обработки используют специальный безотвальный плуг.

Коллектив ученых Всесоюзного научно-исследовательского института зернового хозяйства разработал вариант почвозащитной системы земледелия для целинных и залежных земель (А.И. Бараев [6]).

Резкое повышение цен на энергоносители в первой половине 90-х прошлого века, вынудило аграриев двух американских континентов и Австралии вплотную заняться разработкой и внедрением минимальных технологий в растениеводстве. Их суть в формуле «посев и уборка» при полном (или частичном) отказе от промежуточных механических обработок. Сегодня эта технология применяется в мире (в разных вариантах) почти на 100 миллионах гектаров. Под нее созданы машины и гербициды, которые производители активно продвигают в страны с крупной аграрной экономикой, в том числе и в Казахстан.

Распространение минимальных технологий в мире хорошо иллюстрируется рис. 1 и табл. 1, однако споры о том, что должна представлять собой оптимальная технология обработки почвы, продолжаются.

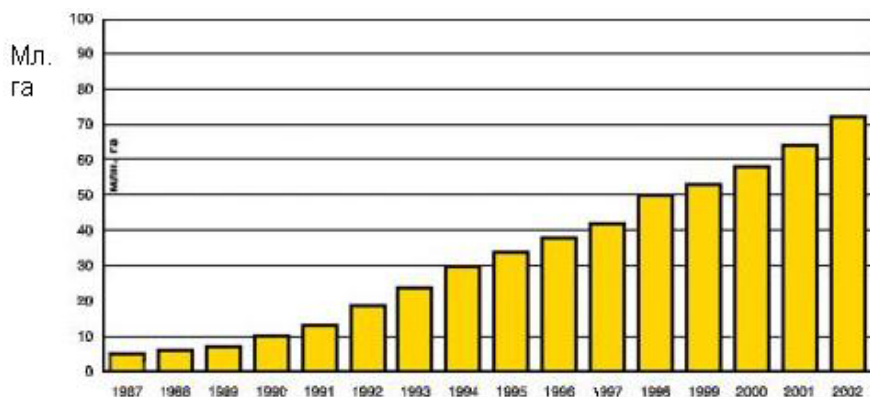


Рис. 1 - Динамика роста площадей под нулевым возделыванием

Таблица 1 - Увеличение площадей земель, на которых ведут хозяйство по системе нулевой обработки почвы, в период с 1987 по 2002 год

Страна	Общая площадь обрабатываемых земель, в тысячах гектаров	Площадь земель, на которых используется система нулевой обработки почвы	% земель под нулевым возделыванием
США	113 700	23 700	20,8 %
Бразилия	38 400	21 863	56,9 %
Аргентина	29 000	16 000	55,2 %
Канада	23 500	13 400	57,0 %
Австралия	72 000	9000	12,5 %
Парагвай	2200	1500	68,2 %
Другие	579 000	4630	0,8 %

### **В ЧЁМ ГЛАВНАЯ СУТЬ СИСТЕМЫ МИНИМАЛЬНЫХ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ?**

Вернёмся к обсуждению сути проблемы и определим, какие цели преследуются той или иной технологией?

Обработывая почву различными орудиями, мы чётко должны представлять:

- зачем мы это делаем?
- достигаем ли мы этим поставленной цели?
- какие долговременные последствия это может повлечь?

Прежде всего, мы хотим создать, по-возможности, самые благоприятные условия получения урожая, а именно:

1. Обеспечить оптимальное использование влаги атмосферных осадков и поливной воды растениями, при наилучшем водно-воздушном режиме почвы;
2. Обеспечить, по-возможности, протекание процессов почвообразования в сторону увеличения плодородия почвы.
3. Минимизировать затраты на приобретение механизмов для обработки почвы и уходу за растениями, а также на удобрения и химикаты.

Земледельцу всегда приходится решать тактические задачи получения урожая в текущем году, и при этом не забывать стратегическую задачу - не ухудшить, а улучшить плодородие почвы.

Мы составили (см. табл. 2) список основных, известных нам приёмов обработки почвы и проанализировали, для чего каждый из них применяется. Что происходит с почвой в результате их применения, и нельзя ли обойтись без некоторых из них, чтобы прийти к получению продукции сельского хозяйства чистым способом и с наименьшими затратами. (По меткому выражению Масанобу Фукуока, известного своей книгой «*Революция одной соломинки*» [7]), «методом ничего ни делания»).

Отвлечёмся от бытующей в печати и Интернете терминологии (не в ней суть дела!) и разберёмся, чего мы хотим достичь, используя те или иные приёмы обработки почвы, и что реально при этом достигаем, а потом обсудим, какие нужны для этого механизмы, как и когда их применять.

Напомним, что целью минимальных обработок является *не только не делать бесполезной работы, но и уйти от приёмов, разрушающих естественное плодородие почвы и нарушающих экологию.*

Итак, мы рассмотрели в табл. 2 основные операции по подготовке почвы к посеву и уходу за растениями, а теперь выберем только те, которые дают желаемый эффект. Кроме того, укажем условия, при которых этот эффект достигается. Очевидно, что в разных климатических зонах эти условия будут отличаться, а также на богарных (не поливных) и на орошаемых землях.

Итак, при отказе от вспашки с оборотом пласта и заменой обработкой культиваторами-плоскорезами можно ожидать, что:

- Планировка поверхности, служащая для приспособления рельефа местности к увеличению эффективности поверхностных способов полива, - затоплением чеков, напуском по полосам и по бороздам в комплексе с восстановлением плодородия путём сохранения или восстановления почвенного слоя (целесообразна однократная) становится практически не нужной при использовании совершенных средств полива и на богаре.

- Планировка поверхности полей с малыми срезками и подсыпками может быть исключена при отказе от вспашки с оборотом пласта и заменой обработкой культиваторами-плоскорезами.

- Глубокое рыхление (чизелевание), как правило, эффективное при уничтожении плужной подошвы или при первоначальном освоении почв, имеющих природные слабодопроницаемые



горизонты, при отказе от глубокой пахоты с оборотом пласта (и, соответственно, от механизмов с высоким удельным давлением на почву, являющихся причиной возникновения плужной подошвы), достаточно применить только единой, в следующие годы корни растений сами найдут дорогу за водой и пищей по естественным порам.

- Рыхление поверхности почвы на глубину укладки семян при посеве и культивации пропашных культур плоскорезами в вегетационный период (лапчатыми культиваторами), нужное для поддержания верхнего слоя в рыхлом состоянии и для интенсивной борьбы с сорняками – становится основной операцией в технологии минимальных обработок почвы. При этом поля, сильно засорённые однолетними и многолетними сорняками, наверное, имеет смысл оставить под паром и обрабатывать по мере отрастания их.

- Использование сеялок прямого сева (не обязательно при хорошем измельчении пожнивных остатков и хорошем выравнивании подстилающего плотного слоя почвы при предыдущей операции для усиления водоснабжения прорастающих семян).

Добавим к приведенному списку несколько давно известных, но редко применяемых в современных технологиях приёмов и, по сути, выйдем на перечень видов работ, которые рекомендуются как нулевые (NoTil), вернее, минимальные технологии:

- **Севооборот** - давно используемый приём, проверенный сотнями лет на практике, доказавший свою эффективность и экологичность, как в борьбе с сорной растительностью, так и с вредителями. Причины его сегодняшней непопулярности лежат, скорее всего, в социальной сфере (из-за отсутствия собственности на землю, или хотя бы твёрдой гарантии на права наследования долгосрочно арендуемых земель, вызывающее стремление земледельцев *быстро* получить максимум прибыли, при минимуме материальных и трудовых вложений). Кроме того, монокультура поощряется и насаждается промышленно-финансовыми кругами, заинтересованными в переработке и торговле продукцией её. И это, несмотря на то, что выход ценных культур в севооборотах выше, чем без них и это многократно доказано работами СоюзНИХИ (ни правда ли, ситуация как в детской песенке – «...нет, нет, мы хотим сегодня, нет, нет, мы хотим сейчас!!!»)

- Оставление в размельчённом виде пожнивных остатков (мульчи) в виде стерни, внесения навоза, или сидератов, с последующей прикаткой и мелкой заделкой в поверхностный слой почвы – испытанные приёмы сохранения почвенной влаги, борьбы с сорной растительностью, резкого увеличения биологической активности почвы и стабильного роста её плодородия при существенном сокращении использования минеральных удобрений или полного отказа от них.

- Применение приёмов высева семян на полях со специально подготовленным поверхностным слоем и нетронутым ложем естественной плотности, (не обязательно сеялками прямого высева), которые обеспечивают отличные и равномерные всходы под покровом мульчи из пожнивных остатков, или сидератов. (Следует напомнить, что сто двадцать лет назад Е.И. Овсинский прекрасно обходился без новомодных сеялок прямого сева, применяя посев на глубину 5 см разрыхленного слоя обычными сеялками, при этом, в годы катастрофических многолетних засух, когда посевы выгорали на площади целых губерний ему удавалось получать средние урожаи!).

- Посевы повторных культур вслед за уборкой первой культуры, проведенные *непосредственно* в течение 1-2 часов после уборки, позволяют эффективно использовать запасы почвенной влаги, оставшиеся после первой культуры для получения вторых урожаев при проведении хотя бы одного полива, или, в крайнем случае, биомассу для корма скота или внесения сидератов.

Что же произойдёт (лучше сказать, чего следует ожидать) после проведения рекомендуемого цикла работ? В чём был секрет успеха агрономов – новаторов, которые применением самых простых приёмов с помощью примитивных почвообрабатывающих орудий достигали устойчивого повышения плодородия почвы?

Они делали три очень простые, но имеющие очень большое, *принципиально важное значение*, вещи:

- восстанавливали, насколько возможно, функцию верхнего слоя почвы (дернины), защищающего её от излишнего расхода влаги и обеспечивающего увеличение плодородия;
- восстанавливали *естественную* порозность нижележащих горизонтов;
- для борьбы с сорняками использовали в качестве основного приёма мелкую (5-7 см) обработку поверхности почвы плоскорезами на фоне севооборота;
- не давали почве «отдыхать», т.е. прекращать работу по наращиванию плодородия.

Таблица 2 - Желаемые и фактически достигаемые результаты применяемых основных мелиоративных и агрономических приемов

№№	ВИД ОБРАБОТКИ	ЖЕЛАЕМЫЙ РЕЗУЛЬТАТ	ФАКТИЧЕСКИЙ РЕЗУЛЬТАТ
1	Планировка поверхности полей с существенными срезками и подсыпками	Улучшение равномерности поверхностного полива. В редких случаях – удобство проведения агрономических мероприятий (например, при террасировании склонов)	Достигается, но сопровождается длительной потерей плодородия на срезках и просадками на подсыпках
2	Планировка поверхности полей с малыми срезками и подсыпками	Получение поверхности поля, удобной для посева.	Облегчает посев и способствует равномерности всходов. Постоянно нарушается вспашкой и через 2-3 года требует повтора.
3	Глубокое рыхление	Разрушение «плужной подошвы» на суглинистых и глинистых почвах	На 2-3 года улучшает водно-воздушный режим почвы, но без устранения причин возникновения, требует повторения каждые 2-3 года.
4	Вспашка оборотом пласта	Рыхление почвенного слоя для увеличения впитывания осадков, глубокой заделки семян сорняков и пожнивных остатков, улучшения влагопроводности и воздухообмена, а также, влагосбережения.	Уменьшает возможность впитывания влаги осадков и снеготаяния, консервирует запас семян сорняков на срок от 5 до 100 (ста и выше) лет, способствует быстрому пересыханию всего разрыхленного слоя почвы, ухудшая развитие всходов. Уменьшает скорость минерализации пожнивных остатков и, самое вредное – умертвляет как аэробные, так и анаэробные бактерии, без которых почва теряет естественное плодородие за 2-3 года.
5	Рыхление поверхности почвы дисковыми боронами	Создание рыхлого влагозащитного слоя почвы с частичным уничтожением сорняков и провоцированием их дружных всходов	Рыхление и провоцирование всходов достигается, а корневищные сорняки при благоприятных погодных условиях ускоренно размножаются
6	Рыхление поверхности почвы лапчатыми культиваторами	Создание рыхлого влагозащитного слоя почвы с почти полным уничтожением всходов однолетних и сильным угнетением многолетних сорняков	Цели полностью достигаются, кроме того, при использовании культиваторов, обеспечивающих равномерную глубину рыхления на уровне укладки семян при посеве, достигаются равномерные дружные всходы, за счёт капиллярно-сорбционной подпитке по слою с ненарушенной, или восстановленной структурой пор.
7	Рыхление поверхности почвы штыревыми боронами	Создание рыхлого влагозащитного слоя почвы с частичным уничтожением однолетних и вычёсыванием корневищных сорняков	Эффективность дробления комков сильно зависит от своевременности проведения боронования, а вычёсывание корневищ сорняков малоэффективно, поскольку их обрывки быстро вновь приживаются.
8	Прикатывание поверхности плоскими катками	Способствует частичному восстановлению влагопроводности почвы для улучшения всходов растений	Приём лишён логики: стоило ли рыхлить, чтобы потом уплотнять? Хотя понятно, что при консервативных технологиях глубокой вспашки иначе всходы получить практически невозможно.
9	Прикатывание поверхности ребристыми катками	Разновидность операции по уплотнению части площади	То же, что и в предыдущей операции. Очень эффективны при строительстве дамб, плотин и основания дорог. Иногда применяют для прикатки посевов сидератов
10	Прикатывание поверхности кулачковыми катками	Разновидность операции по уплотнению части площади	Очень эффективны при строительстве плотин, дамб и основания дорог.
11	Малование поверхности почвы	Приём, используемый для раздавливания крупных комков перед посевом	Приём, в результате которого уничтожается структура пор, что обуславливает ускоренную деградацию почвы, Делает поле «красивым» для взора дилетанта.
12	Культивации лапчатыми культиваторами в вегетационный период	Способствует сохранению влаги после сильных дождей или поливов, облегчает борьбу с сорной растительностью.	Приём способствует сохранению влаги и создаёт условия, близкие к обеспечиваемым естественной дерниной.
13	Уборка пожнивных остатков	Проводится для устранения распространения болезней и вредителей и для показухи.	Приводит к резкому сокращению количества видов и числа микроорганизмов, быстрому истощению естественного плодородия почвы. По опытным данным, практически не влияет на размеры популяций вредителей и распространение болезней, т.к. последнее больше зависит от севооборота, климатических и других факторов.

### **Что достигалось этими приёмами?**

- возобновление «работы», т.е. биологической активности горизонта, исполняющего функции дернины;
- восстановление хорошего впитывания в нижележащий слой и возврат влаги из нижнего горизонта на границу со слоем, восполняющим функции дернины;
- восстановление хорошего газообмена между атмосферой и почвой.
- прекращение «убийства» почвенной аэробной и анаэробной микрофлоры от оборота пласта;
- прекращение возврата семян сорняков из резервов, созданных в предыдущие вспашки с оборотом пласта, которые сохраняют всхожесть 10-15, а некоторые виды – до 100 лет;
- сдерживание массовых расплодов вредителей путём севооборота.

На рис. 2 показано, как выглядел почвенный профиль в результате глубоких вспашек, и как должен выглядеть почвенный профиль в результате проведения вышеперечисленных мероприятий по истечении нескольких лет (рис. 3).



Рис. 2 - Вот как выглядит «выпаханная» почва по мнению И.Е. Овсинского (в интерпретации Н.И. Курдюмова [13])

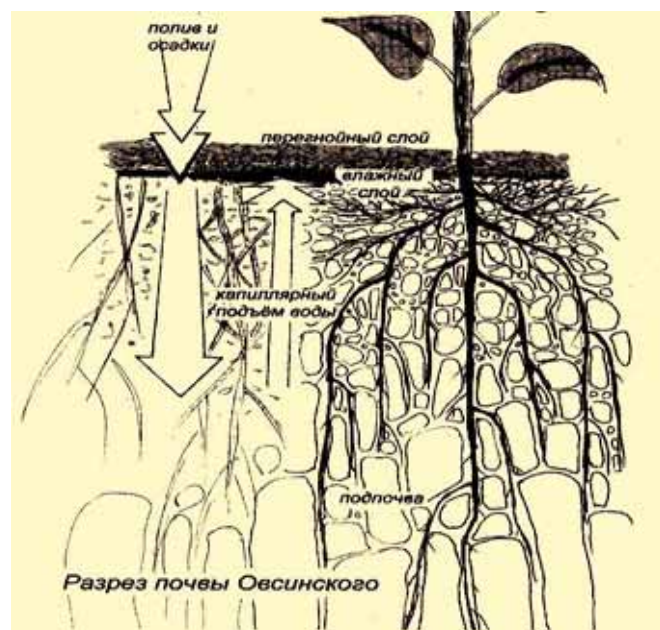


Рис 3 - Структура пор в восстановленной почве при очень мелкой пахоте и пути движения влаги в период дождей и поливов (вниз), и в межполивной период (вверх).

На рисунке это трудно изобразить, но в природе, и **это имеет принципиальное значение, - влага движется вниз, преимущественно и быстрее всего по крупным порам, исключая тем самым поверхностный сток, а вверх она может вернуться только по самым мелким.**

В этом и заключается одна из главных причин успеха тех земледельцев, которые предложили приёмы обработки, которые теперь называют по-иностранному: NoTill.

На рис. 4 приводится схема передвижения почвенной и атмосферной влаги в дневные и ночные часы.

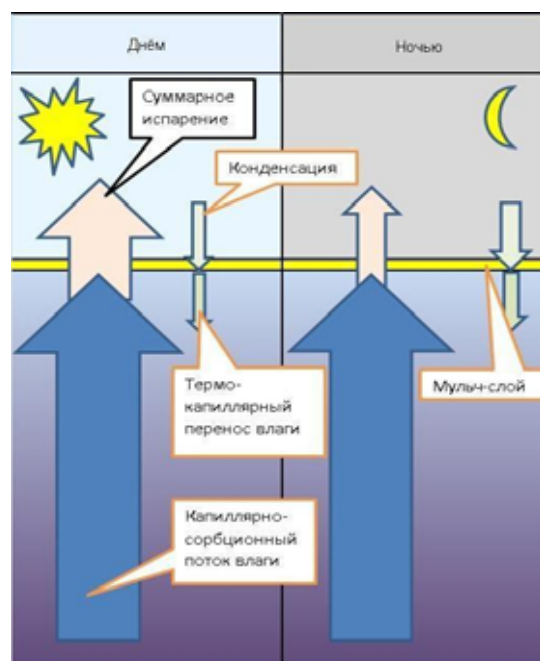


Рис. 4 - Схема передвижения влаги в дневные и ночные часы

В дневные часы преобладают потоки влаги вверх и конденсация её из атмосферы сокращается, вплоть до нуля. В ночные часы суммарное испарение резко уменьшается и увеличивается конденсация атмосферной влаги на плотные почвенные слои под верхним разрыхленным слоем. Поток капиллярно-сорбционной влаги из глубоких горизонтов остаётся почти неизменным и в ночные часы существенно компенсирует дневной расход влаги на суммарное испарение из верхних горизонтов. (Эта схема требует инструментального подтверждения, поскольку до сих пор нет ни приборов, измеряющих потоки влаги, ни методики проведения измерений).

Ещё раз коротко перечислим те преимущества, которые обеспечиваются вышеперечисленными приёмами:

- Рыхлый, содержащий массу органики (пожнивных остатков, навоза, или сидератов), мульчирующий слой, глубиной ~5-7 см, является, как бы заменителем естественного дернового горизонта почвы. Он является хорошим «одеялом» для «жителей» почвы, отражающим часть солнечной радиации, предохраняющим её от перегрева и излишнего испарения. Поскольку обладает низкой теплопроводностью из-за рыхлости и большого содержания органики, сохраняющим почвенную влагу в нижележащем горизонте, обеспечивающим конденсацию влаги из воздуха и создающим все условия для интенсивной переработки органики в доступные для растений элементы питания. Возможно, что для условий пустынной зоны он может быть больше (например ~7 см). Эта глубина вполне допустима для пустынно-песчаных и супесчаных почв [8], но на глинистых почвах это необходимо проверить, так как семена некоторых культурных растений, возможно, не смогут прорасти с этой глубины.

- Образующийся при разложении органики углекислый газ  $\text{CO}_2$  (в полтора раза тяжелее воздуха), стекает вниз по крупным почвенным порам, и, соединяясь с почвенной влагой, образует слабую угольную кислоту  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$ , которая освобождает важнейшие питательные элементы фосфор и калий, находящиеся в состоянии поглощённом глинистыми частицами почвы, (но для песчаных и супесчаных почв это не актуально, поскольку запасы связанного фосфора и калия в них малы, поэтому здесь необходимы как органические, так и минеральные удобрения). Ненарушенная, или восстановленная структура пор в горизонте, лежащем под рыхлым верхним слоем, выполняющим функцию дернины, обеспечивает капиллярно сорбционный подток влаги снизу, и наоборот, лёгкое насыщение его при дождях и поливах. Кроме того, крупные поры в этом подстилающем слое (оставшиеся с прошлых лет, от перегнивших корней и ходов землероев), намного облегчают быстрое прорастание корней вниз, вдогонку за уходящей влагой.

- Наличие «искусственной дернины» открывает широкие возможности применения совершенных средств полива, и особенно, дождевания, т.к. восстанавливается высокая природная водопроницаемость почв.

- Укладка семян при посеве на границу между рыхлым слоем и слоем естественной плотности, обеспечивает их быстрое и дружное прорастание и хорошее укрепление в почве (см. рис. 5 и 6, заимствованные из проспекта машиностроительной фирмы «Lemken»).



Рис. 5 - Разница условий развития семян при плохой и хорошей поверхности подстилающего слоя с естественной структурой пор

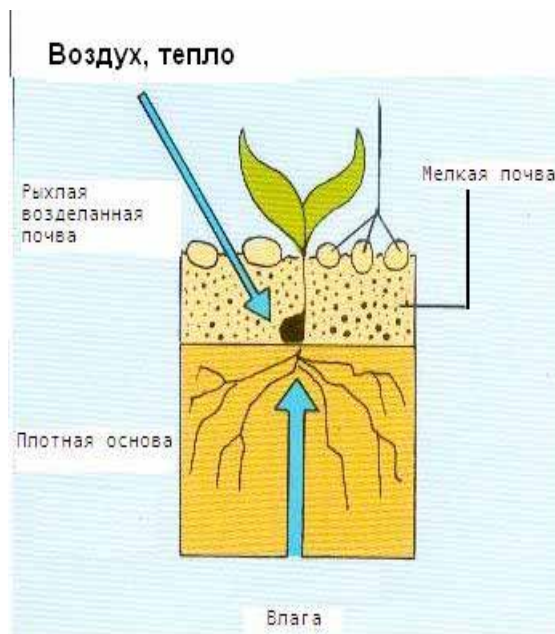


Рис. 6 - Условия прорастания семян при правильной обработке почвы механизмом, предлагаемым фирмой «Lemken». Семена легко набухают, прорастают и прочно укореняются в слое с ненарушенной структурой

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нарастающий дефицит водных ресурсов, а также удорожание техники и горюче-смазочных материалов настоятельно требуют искать новые (или хорошо забытые) решения в мелиорации орошаемых и богарных земель. Всё изложенное выше – это попытки связать приёмы передовых агротехник не только с традиционными приёмами мелиорации, но и с глубоким пониманием процессов почвообразования. Они, несомненно, требуют проверки в опытно-производственных условиях, с учётом почвенно-климатических условий Узбекистана.

Очевидно, что применение минимальных технологий будет наиболее эффективно на богаре, а также на посевах орошаемых озимых зерновых, где особую роль играет предотвращение излишнего испарения с поверхности почвы. Применение этих приёмов в орошаемом земледелии на пропашных культурах перспективно сочетать с совершенной техникой полива, так как проведение поливов поверхностными способами будет затруднено, из-за наличия пожнивных остатков в бороздах, что может ухудшить их гидравлические характеристики и равномерность распределения воды по площади поля.

На рис. 7, заимствованном из работы Н. Шпаковского [9] (известного специалиста по технологиям решения изобретательских задач), показана эволюция приёмов обработки почвы, по мере пополнения и углубления знаний о почве и приёмах её обработки. Он заставляет задуматься: почему же мы до сих пор находимся на третьем шаге, из семи уже пройденных мировым земледелием? И почему на третьем шаге, (из семи пройденных человечеством), не произошёл переход на седьмой??? Ведь уже более 120 лет тому назад была доказана возможность такого перехода с минимальными (практически, нулевыми!) затратами, дающими увеличение плодородия почвы? Не правда ли, интересно?

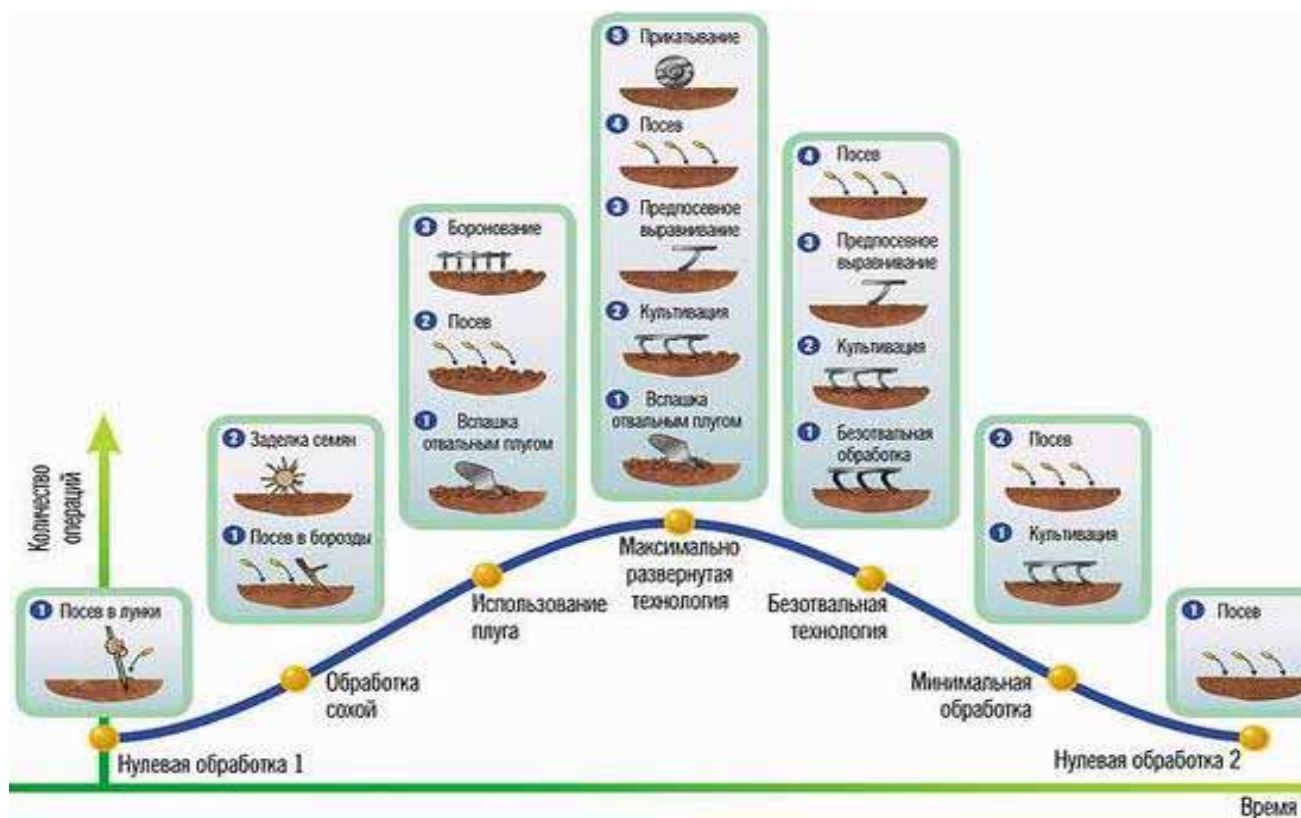


Рис. 7 - Линия «Развертывание-свертывание» для технологии обработки почвы

В заключение мы рекомендуем читателям найти в Интернете и внимательно прочесть книги: Скорнякова С.М. [2], Овсинского И.Е. [3, 4], Масанобу Фукуока [7] и Курдюмова Н.И. [10], поскольку суть минимальных обработок почвы в них доступно и аргументировано изложена, а большинство других публикаций лишь повторяют их.

Для молодых учёных и аспирантов рекомендуем посетить сайт <http://water-salt.ru> где в цикле популярных лекций подробно рассмотрены основные положения этой статьи.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Альтернативная обработка земли <http://www.likanastasii.ru/shop/catalog/agrotech/agro-3-info.htm>
2. Скорняков С.М. Плуг: крушение традиций? – М.: Агропромиздат, 1989. – 175 с.
3. Овсинский И. Новая система земледелия. - Вильна, 1899. – 137 с.  
<http://agro.upec.ua/articles/detail.php?ID=7292>
4. Овсинский И. Дополнение к первому изданию новой системы земледелия. - Вильна, 1900.
5. Мальцев Т.С. Система безотвального земледелия. - М.: Агропромиздат, 1988. – 126 с.
6. Почвозащитное земледелие / Под ред. акад. ВАСХНИЛ Бараева А.И. - М.: Колос, 1975. – 165 с.
7. Масанобу Фукуока. Революция одной соломинки. - <http://www.ganymoledet.org/download.php>
8. Морозов Н.Л., Иванов В.Ф. Орошение на базе подземных вод. - М.: Колос, 1968. – 180 с.
9. Шпаковский Н. Эволюция технологий обработки почвы. - <http://www.trizland.ru/trizba/articles/170/>
10. Курдюмов Н.И. Мастерство плодородия. - М., 2008. – 512 с. - [http://naturalworld.ru/img/books/kurdyumov-ni\\_masterstvo-plodorodiya.jpg](http://naturalworld.ru/img/books/kurdyumov-ni_masterstvo-plodorodiya.jpg)

## ТАЛИМАРЖОН СУВ ОМБОРИНИ ГИДРОЛОГИК РЕЖИМИ ЎЗГАРИШЛАРИ

*Ж.Ж. Нарзиев, Д.С. Аджимуратов, Д.В. Назаралиев*  
(ТИМИ қошидаги ИСМИТИ)

*Талимаржон сув омборига келаётган оқим миқдорларининг ўзгаришлари ўрганилган ва камайиш сабаблари баҳоланган.*

*Studied inflow change of water reservoir of Talimarjan and estimated their reasons reduction.*

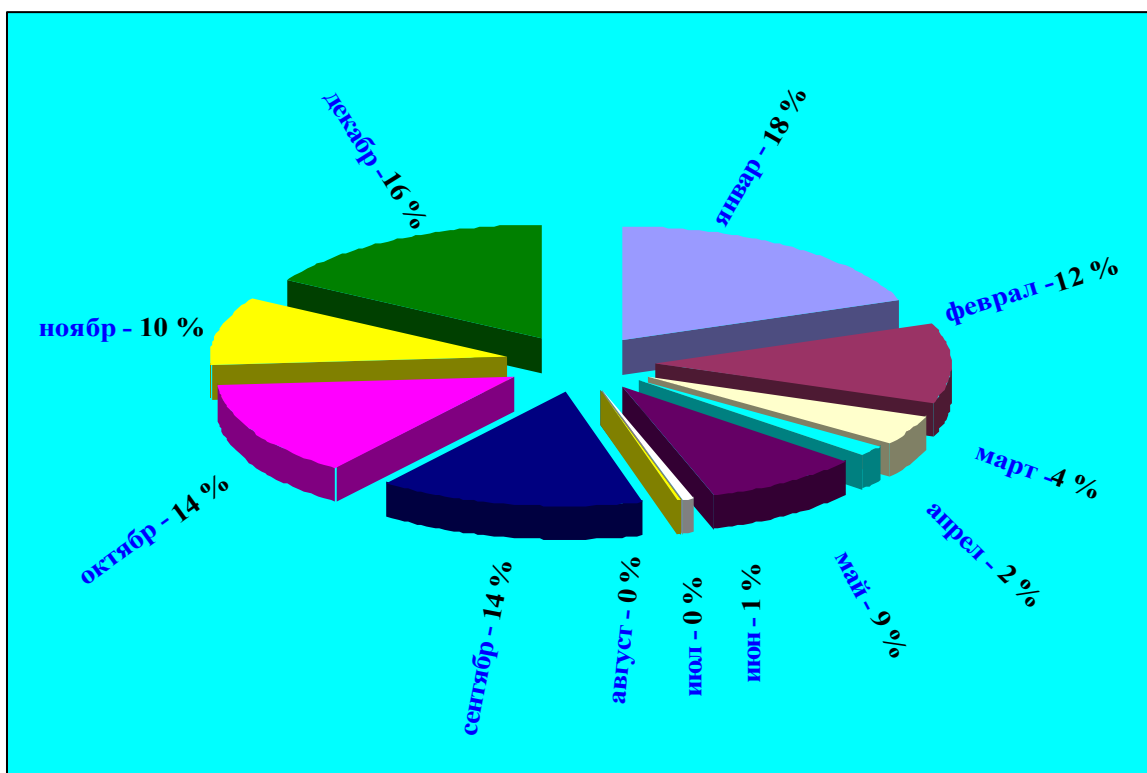
*Изучены изменения притока к водохранилищу Талимаржан и оценены причины их уменьшения.*

Гидрологик режим – фақат айрим сув манбаига хос бўлган қайтариладиган қонуниятли ўзгаришлар мажмуасидир. Шундай экан ҳар бир сув омборининг ўзига хос гидрологик режими мавжуд. Сув омборининг гидрологик режими сув омборига қуйилган кўп йиллик оқим, сув сатҳи, сув баланси, ҳарорат ва музлаш режими кўрсаткичларини вақт бўйича ўзгаришида акс этади. Шу мақсадда ушбу мақолада Талимаржон сув омборига қуйилган кўп йиллик оқим ўзгаришининг таҳлиллари келтирилади.

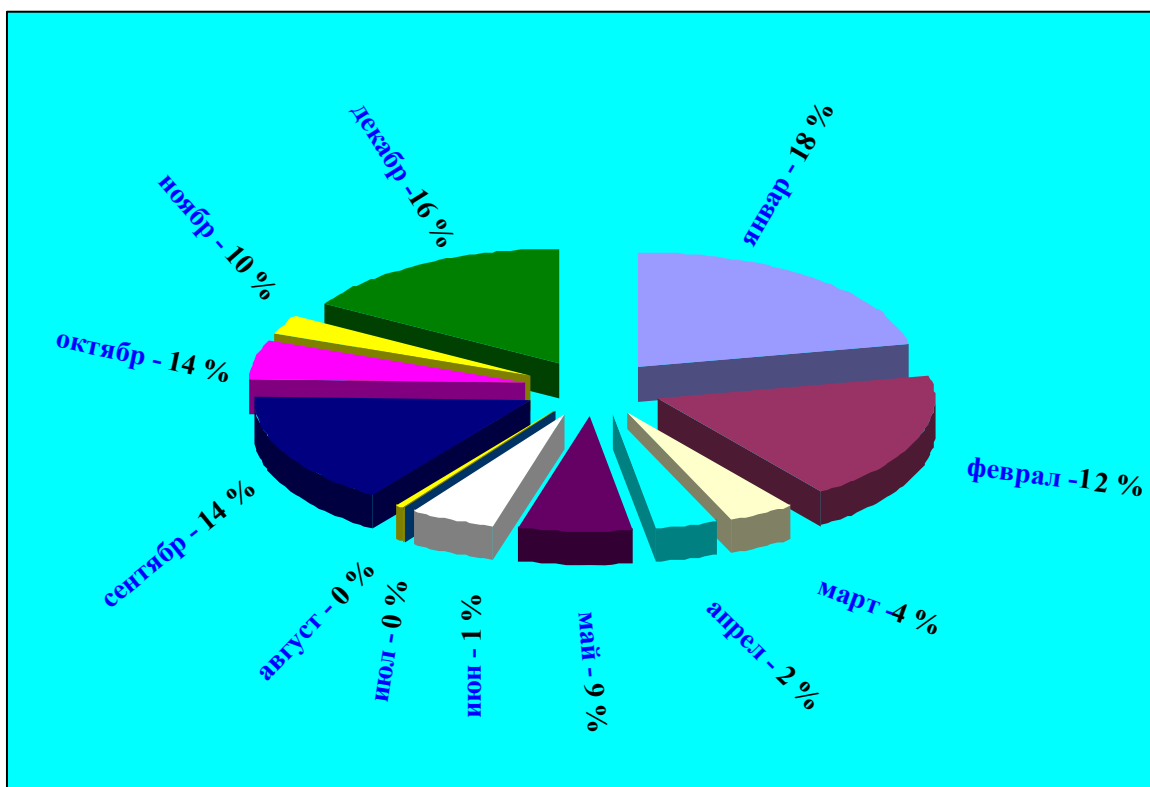
Кўп йиллик оқим ўзгаришларини ўрганишдан асосий мақсад сув омборини тўлдириш жараёни, сув омборига даврлар орасида сувнинг келишини, оқимни характерли ҳолатларини ўрганиш ва аниқлашдан иборат. Агар бизда сув омборига қуйилган оқим миқдорининг 25-30 йиллик маълумотлари бўлса улардан фойдаланган ҳолда бемалол сув омборини тўлдирувчи манбанинг кўп йиллик оқим ўзгаришларини таҳлил қилиб, оқимнинг ўзгаришлари бўйича аниқ ҳулосаларга эришишимиз мумкин.

Юқорида таъкидланганидек, Талимаржон сув омборига қуйилувчи оқимнинг вақтлар оралиғида ўзгаришини таҳлил қилиш учун сув омборига қуйилган кўп йиллик сув миқдорларидан фойдаланиш лозим бўлади. Шу мақсадда 1987 йилдан 1996 йилгача ва 2001 йилдан 2010 йилгача бўлган икки даврларда сув омборига қуйилган оқим миқдорининг ўзгаришлари ўрганилди. Ушбу танланган биринчи даврда (1987-1996 йиллар) сув омборига келган ўртача йиллик оқим 131,5 млн.м<sup>3</sup>, умумий қуйилиш 15777,9 млн.м<sup>3</sup> ташкил этган.

Танланган даврдаги (1987-1996 йиллар 1-расм, 2001-2010 йиллар 2-расм) ўн йилликнинг ҳар бир ойида сув оқими ўзгаришлари, яъни 10 йил давомида қуйилган умумий оқимнинг ойлар давомида тақсимланиши ўрганилди ва ҳисоб натижалари 1 ва 2-расмларда келтирилди.



1 расм - 1987-1996 йиллардаги умумий оқимнинг ойларда тақсимланиши



2 расм - 2001-2010 йиллардаги умумий оқимнинг ойларда тақсимланиши

Қуйида танланган икки даврлардаги оқим миқдорларини таққослаган ҳолда Талимаржон сув омборини тўлдиришнинг кўп йиллик ўзгаришлари аниқлаштирилди. Бунинг учун аввал икки даврдаги ўн йилликлар бўйича ўртача (1-жадвал, 3-расм) оқим миқдорларини ойлардаги ўзгариш фарқларини жадвал ва график кўринишда аниқлаштириб оламиз.

1-жадвал. Ўртача оқим миқдорини ойлар ичида ўзгаришлари, млн.м<sup>3</sup>.

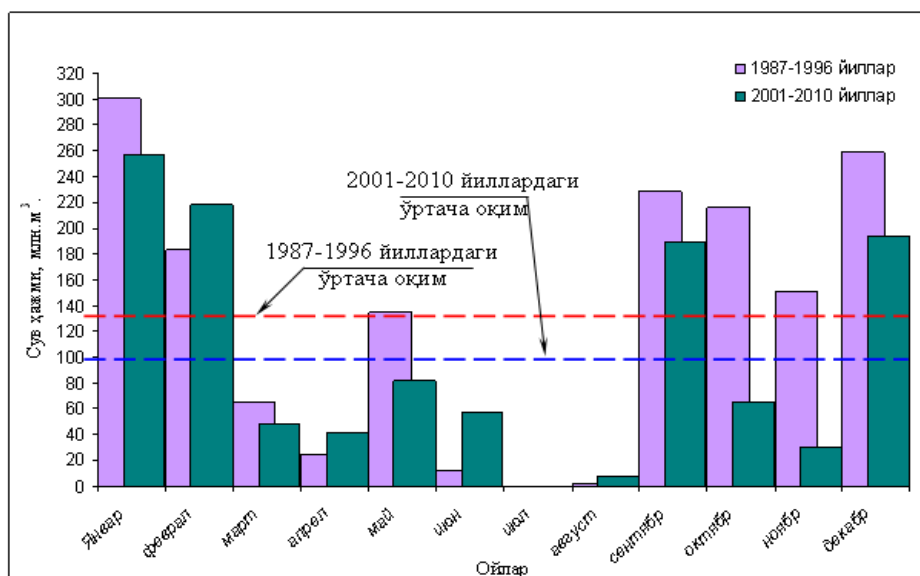
Йиллар	Ойлар												Йиллик
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XI	
1987-1996 йй ўртача оқим	300,8	183,0	65,2	24,0	134,9	12,5	0,0	2,0	28,8	216,2	151,2	259,2	131,5
2001-2010 йй ўртача оқим	257,2	217,6	48,2	42,1	81,3	56,9	0,0	7,6	189,8	65,7	30,9	193,2	99,2

График ва жадваллардан кўриниб турибдики ҳар иккала даврда ҳам сув омборига оқимни максимал келиши сентябр-феврал ойларига тўғри келиб умумий оқимни 70-80 % ни ташкил этмоқда, бу эса сув омборини жадал тўлдириш шу ойларга тўғри келаётганлигини кўрсатади. Аксинча республикадаги ўзганли сув омборларини жадал тўлдириш сув омборини сув билан таъминловчи дарёнинг тўйинишига боғлиқ бўлса, қолган аксария қуйилма сув омборларда эса декабр-май ойларига тўғри келади.

Танланган (1987-1996 ва 2001-2010 йй.) даврларда сув омборига йиллик қуйилган умумий оқим миқдорлари ҳисоби 2-жадвалда келтирилган.

Юқорида келтирилган жадваллар ва графиклардан фойдаланган ҳолда сув омборини тўлдиришдаги оқимнинг йиллар давомида қандай ўзгариб борганлигини яна бир график орқали аниқлаштирамиз (4-расм).

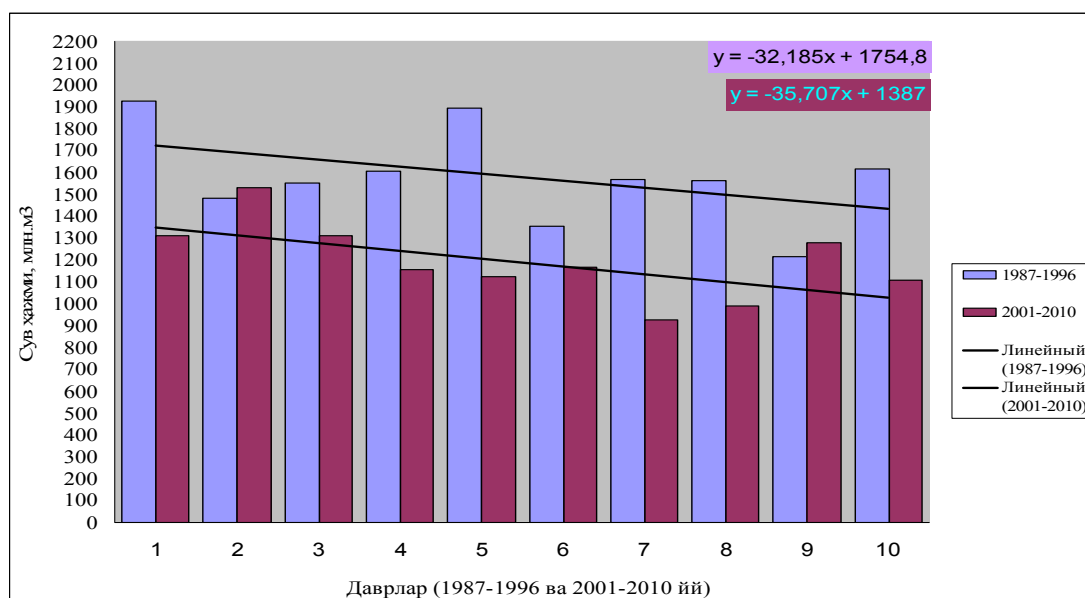




3-расм - Ўртача оқимни ойлардаги ўзгаришлари (1987-1996 ва 2001-2010 йй)

2 жадвал - Йиллик қуйилган умумий оқим миқдорлари

Йиллар (1987-1996)	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Йиллик оқим миқдори, млн.м <sup>3</sup>	1929,3	1484,8	1553,3	1603,7	1892,5	1355,9	1565,9	1560,7	1213,9	1618,0
Йиллар (2001-2010)	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Йиллик оқим миқдори, млн.м <sup>3</sup>	1313,7	1533,0	1310,4	1155,6	1123,6	1167,5	927,0	990,2	1277,8	1106,9



4-расм - Йиллар давомида оқим ҳажмининг ўзгариши

Ушбу графикни (4-расм) тузишдан мақсад 1987-1996 йиллар ва 2001-2010 йиллар давомида сув омборига келган ўртача йиллик сув миқдорлари ўзгаришини аниқлаштиришдир. Графикда келтирилган иккита паралел тўғри чизиклар оқимнинг йиллар давомида ўртача ўзгаришини кўрсатади. Келтирилган графикдан кўриниб турибдики сув омборига келган оқим моқдори ҳар иккала даврда ҳам йилдан йилга камайганлигини кўрсатмоқда. Сув омборига келган ўртача оқим миқдори йилига биринчи даврда (1987-1996 йй.) 32,185 млн.м<sup>3</sup> дан камайиб борган бўлса, иккинчи

даврда (2001-2010 йй.) эса 35,707 млн.м<sup>3</sup> дан камайганлигини кўрсатмоқда. Охирги йилларда сув омборига келаётган оқим миқдори кескин камайиб бормоқда. Бунга асосий сабаблардан бири сув омборини сув билан таъминловчи дарёдаги оқим миқдори ўзгарганлиги, иклимнинг йиллар давомида ўзгариб бораётганлиги, кам сувлилик йилларни ортиб бораётганлигидир.

Юқорида келтирилган таҳлиллар асосида йилнинг барча ўзгарувчиларини ҳисобга олган ҳолда Талимаржон сув омборини самарали иш режимини, яъни тўлдириш ва бўшатишдаги диспетчирлик графиги ишлаб чиқилса, сув омбори захирасидаги сувдан самарали фойдаланишга ва истеъмолчиларни ишончли равишда сув билан таъминлашга эришилади.

#### АДАБИЁТЛАР:

1. Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шарапов В.А. Водохранилища. -М.: Мысль,1987. - 325 с.
2. Лучшева А.А. Практическая гидрология.- Л.: Гидрометеоздат, 1959. - 468 с.

УДК 631.587

## **ВЛИЯНИЕ СОКРАЩЕНИЯ ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ В НИЗОВЬЯХ Р. АМУДАРЬЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ (НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ ПЕРИОДОВ МАЛОВОДЬЯ В ХОРЕЗМСКОЙ ОБЛАСТИ)**

***В.Г. Насонов, Г.К. Палуашова, Ю.И. Широкова***  
(НИИИВП при ТИМИ)

*Сув ҳўжалиги ташиқлотларининг кўп йиллик маълумотлари асосида, сувдан фойдаланиш тўғрисидаги, сизот сувларининг жойланиши, шўрланишининг сўғориладиган ерларда тарқалиши ва ҳосилга таъсири, Хоразм вилоятининг реал шароитида сув танқислигининг таъсири статистик ҳисоблашлар ёрдамида аниқланди. Сув танқислиги шароитида туманлар бўйича сувнинг тақсимланиши аниқ кўрсатилди. Олинган маълумотлардан моделлаштириш ва жараёнларни олдиндан айтиб беришда фойдаланиш мўлжалланмоқда*

*Based on the long-term data provided by water management organizations, including data on water withdrawal, groundwater location, salinity distribution over irrigated lands and crop yield, the trend of the water shortage effect on those under actual conditions of the Khorezm region is determined through statistical analysis. Actual water distribution over administrative districts during low-water period is shown. The obtained results are supposed to be taken into account when simulating and forecasting the water and salt processes.*

*На основе многолетних данных водохозяйственных организаций, включающих данные о водозаборах, расположении грунтовых вод, распространении засоления на орошаемых землях и об урожаях, с помощью стат. обработки выявлены тенденции влияния на них маловодья в реальных условиях Хорезмской области. Показано фактическое распределение воды в маловодье по районам. Полученные результаты предполагается учитывать при моделировании и прогнозировании процессов.*

Хорезмская область расположена в низовьях реки Амударьи. Эта территория является экологически уязвимой зоной из-за периодически повторяющегося дефицита воды для орошения и её солёности. В настоящее время в Хорезмском оазисе засолено 100 % угодий. При этом в Хорезме земли среднего и сильного засоления занимают около 50 %. Ежегодно на засоленных орошаемых территориях (особенно в низовьях реки Амударьи) проводятся массовые промывки земель. Это дорогостоящая и трудоёмкая работа, требующая вспашки, планировки земель, подготовки чеков и временных оросителей, т.е. затрат по аренде техники и стоимости ГСМ. Кроме того, это мероприятие требует квалифицированных поливальщиков, а также больших объёмов воды.

В предыдущих публикациях [1-5] рассмотрено большое количество материалов по водохозяйственно-мелиоративным условиям Хорезмской области и проведён их анализ. В данной статье поставлена цель по данным годовых отчётов БУИС и ГГМЭ, и других, ранее опубликованных материалов, рассмотреть степень влияния маловодья на показатели мелиоративного состояния орошаемых земель (таких как уровень, минерализация грунтовых вод и распространение засоления на орошаемых землях), а также на урожай хлопка.

Процессы, ожидаемые при маловодье, могут быть описаны математическими моделями, основанными на балансах и на процессах влаго-солепереноса, происходящих в насыщенной и ненасыщенной среде. Но обычно такие модели описывают либо небольшие участки, либо процессы в точках. Конечной целью подобного исследования является возможность прогнозирования и изменения мелиоративных показателей при уменьшении водопада, для того, чтобы найти возможности как-то приспособиться и управлять этими процессами и разработать научное обоснование управления водно-солевым режимом орошаемых земель в условиях дефицита водных ресурсов

Цель данного исследования: проверка нескольких простых и понятных предположений о процессах, происходящих на орошаемых территориях, в связи с уменьшением водообеспеченности.

Первой из гипотез является выявление равномерности фактического распределения воды в маловодный период по отдельным районам и обеспечение выделяемых лимитов как в вегетационный период, так и в невегетационный (поливы озимой пшеницы и массовые промывки земель).

Вторая гипотеза исходит из балансовых представлений и заключается в том, что в маловодные годы ожидается:

- понижение уровней грунтовых вод;
- возрастание распространения засоления земель (из-за снижения промывной доли при поливах);
- снижение урожаев хлопка.

Проверка реальных тенденций в условиях Хорезмской области (близких грунтовых вод и больших фильтрационных и иных потерь воды), выполнена нами с привлечением отчетных материалов по использованию воды и мониторингу мелиоративного состояния орошаемых земель.<sup>1</sup> С точки зрения относительно точных экспериментальных исследований, использование этих данных может вызвать критику, но это единственная возможность посмотреть, что же происходит на самом деле в маловодные годы, каково влияние маловодья, каково его влияние в разных районах области?

#### ***Материалы и методы.***

Как уже указывалось выше, материалы - это многолетние данные водохозяйственных организаций, в основном материалы отчетов ГГМЭ, включающие данные о водопадаче. Методы - статистическая обработка данных: парная корреляция и регрессия, для выявления следующих связей: водообеспеченность-УГВ, водообеспеченность-засоление почвы; водообеспеченность-урожай хлопка; УГВ-засоление почвы; засоление-урожай и т.д. Кроме того, проведены обработка и анализ данных по лимитированию водопользования за ряд лет, выполнено сопоставление этих показателей с фактическим за ряд лет по отдельным районам области и сопоставление фактических значений водопадачи по каждому району со средними значениями по области. Таким образом, выявлены районы менее обеспеченные водой в маловодье.

Результаты обработки данных показаны на рис. 1-6 и в табл. 1.

Динамику изменения водохозяйственной и мелиоративной ситуации в Хорезмской области с 1984 по 2012 гг. иллюстрирует рис. 1. Из рисунка видны:

- общая тенденция снижения годового удельного водозабора с 27 до 15 тыс. м<sup>3</sup>/га;
- снижение средних по области урожаев хлопка с 35 до 20 ц/га;
- повышение среднегодового уровня грунтовых вод примерно со 170 до 140 см (за исключением маловодных лет); при циклическом (не одинаковом по годам) колебании среднего УГВ в вегетацию от 140 до 119 см, с понижением в маловодные годы до 157 – 166 см;
- практически стабильное количество средне и сильно засоленных земель на территории области, составляющее: 36,4 % от орошаемой площади (в самом начале рассматриваемого периода), 46 %, (наблюдавшихся в течение довольно длительного периода, вплоть до настоящего времени), и более 50 %.<sup>2</sup> в отдельные периоды.

Известный факт, что 2000, 2001, 2008 и 2011 годы были маловодными явно видно из рисунков 1 и 2, при этом, наиболее глубокое маловодье было в вегетацию 2001 года.

<sup>1</sup> Ежегодные Отчеты ГГМЭ за 2004,-2012 гг. Материалы БУИС

<sup>2</sup> Засоление оценивалось по данным осенних солевых обследований величинам (рис. 2), так и относительно выделенных лимитов (рис. 3), а также относительно средних значений по области в периоды маловодья (рис. 4).

В невегетационные периоды года, дефициты воды по районам и области сдвигаются на 1 год: от маловодных лет: так было 2002, 2009 и 2012 годы было получено меньше воды на промывки и поливы зерна (рис 2, 3). Наименьшие величины удельного годового водозабора отмечены в маловодные годы: в 2001 году – 8,6 тыс. м<sup>3</sup>/га, в 2008 году - 10,7 тыс. м<sup>3</sup>/га, и, в 2011 - 9,1 тыс. м<sup>3</sup>/га.

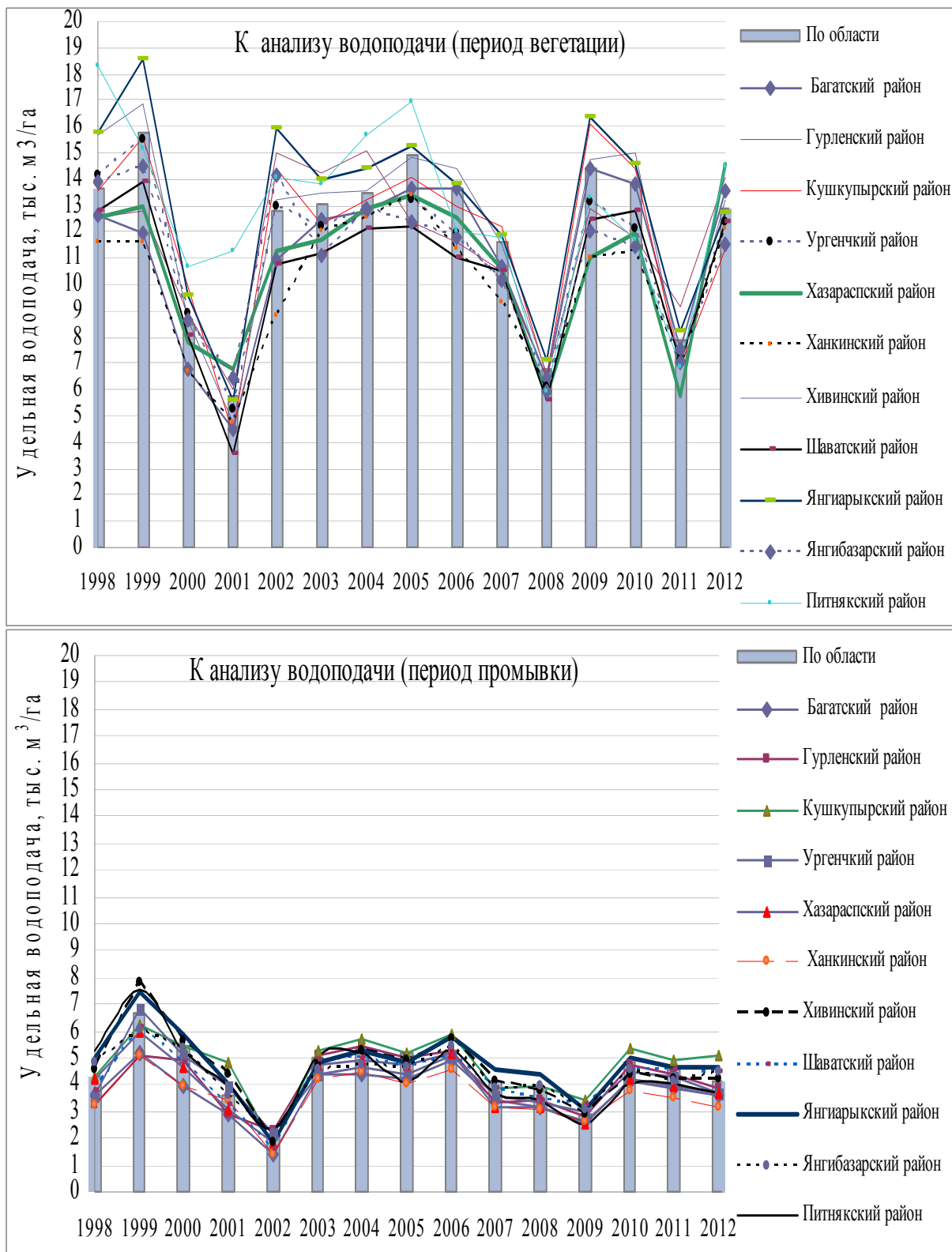


Рис. 2 - Водозабор на промывку и орошение по отдельным районам и в среднем по области

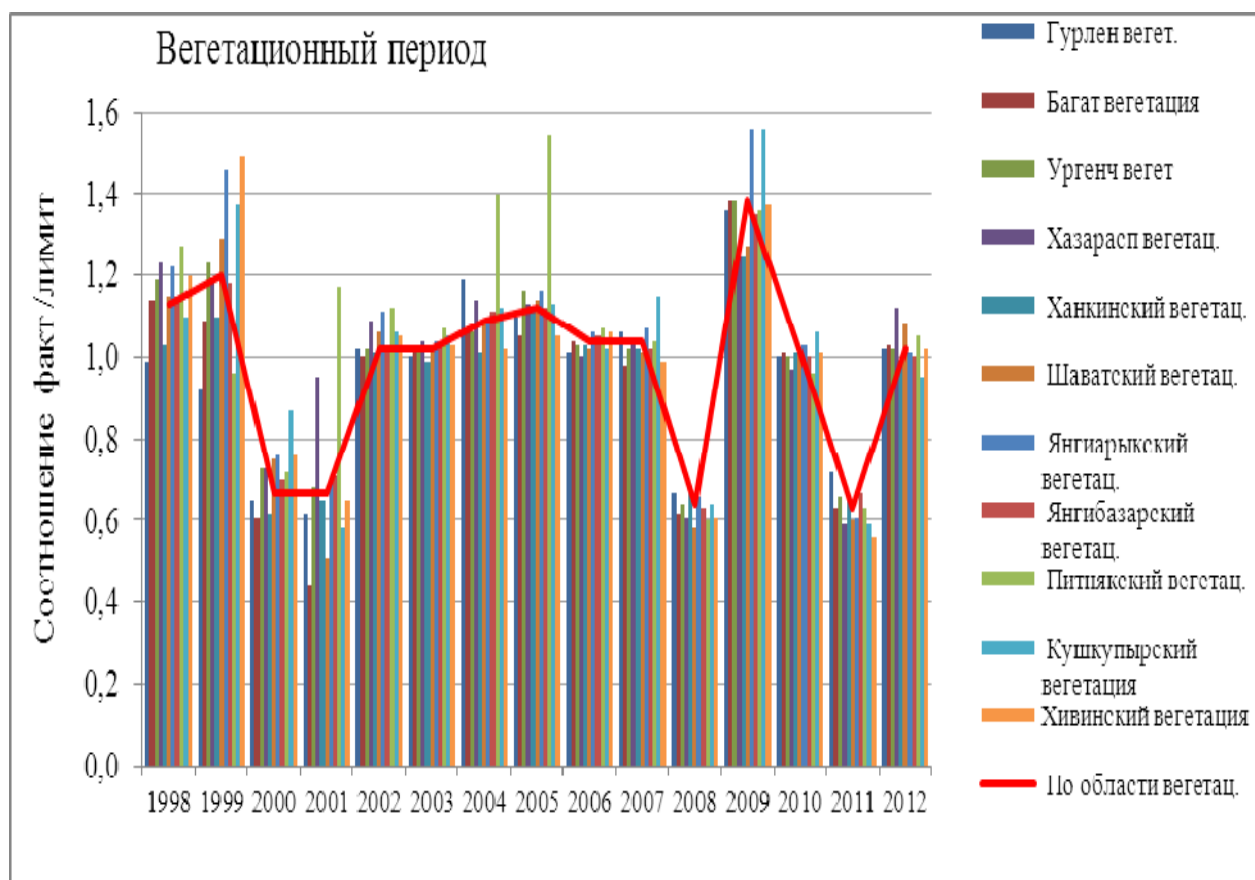
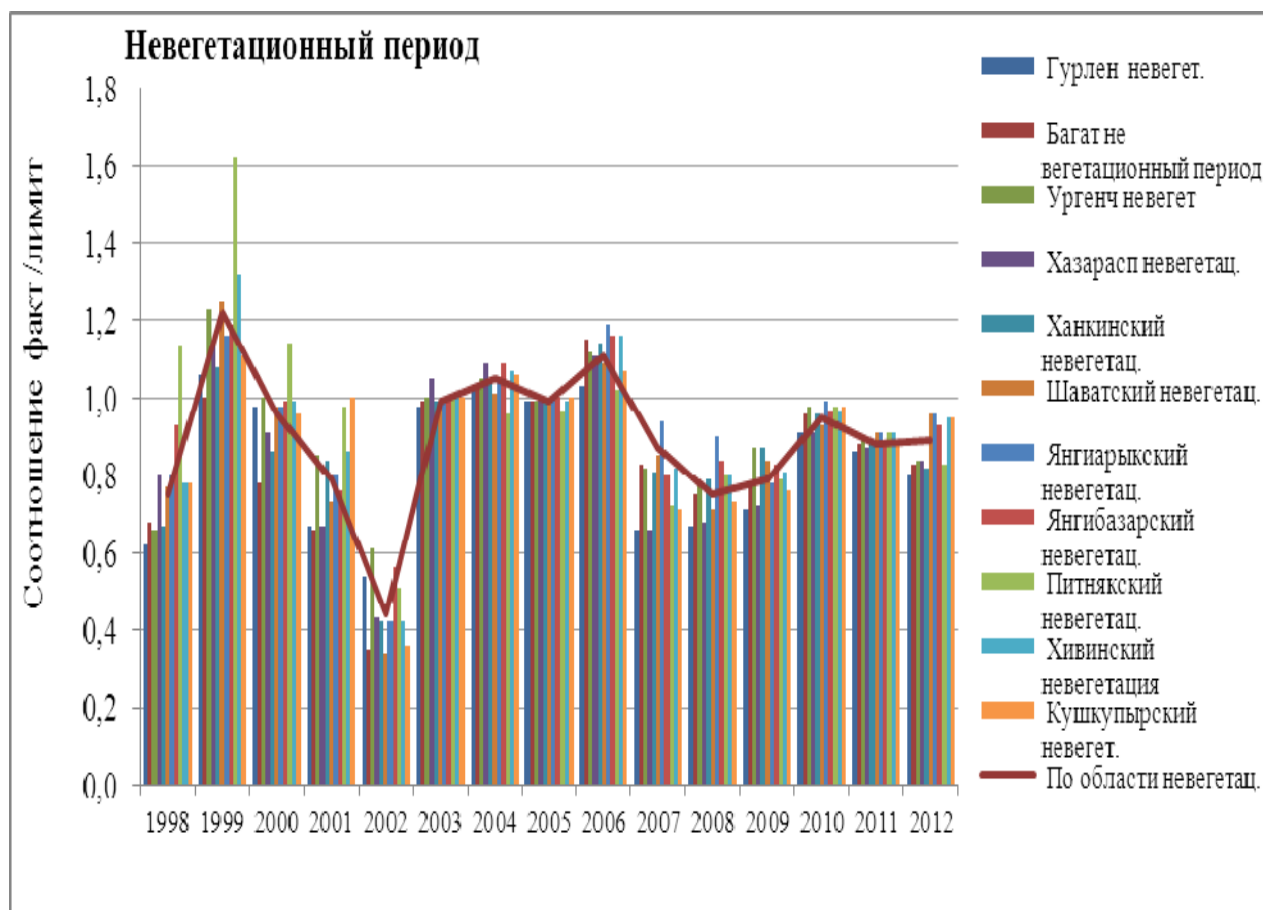


Рис. 3 - Отношение фактической водоподачи к выделенному лимиту по районам Хорезмской области

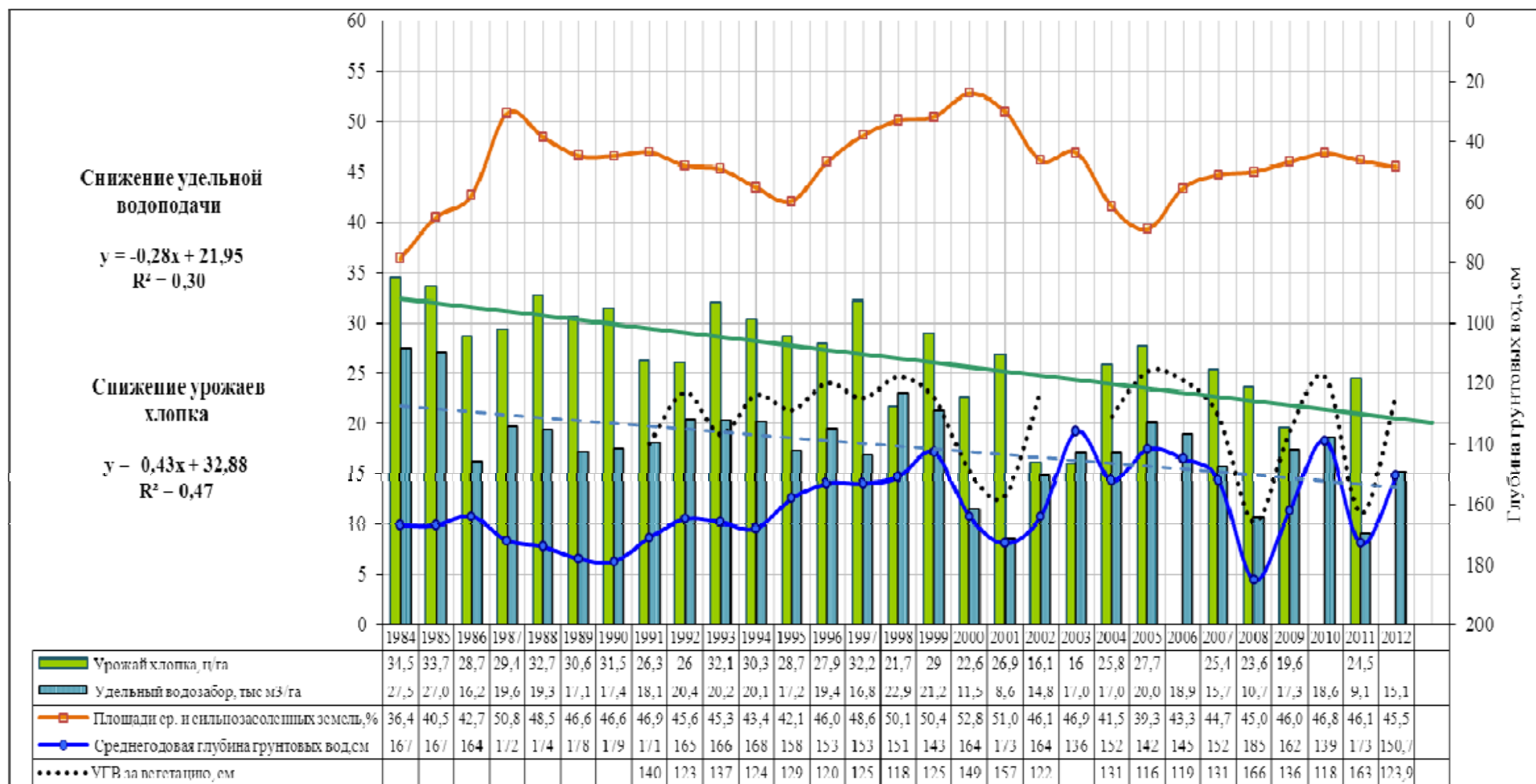


Рис. 1 – Динамика изменения водохозяйственной и мелиоративной ситуации в Хорезмской области: удельные годовые водозаборы на орошаемые земли, распространение средне и сильнозасолённых земель, уровни грунтовых вод и урожаи хлопка

На рис. 2 и 3 можно увидеть, что за весь рассматриваемый период распределение воды по районам неравномерное: в большей степени в вегетацию, чем в период промывок, а также в большей степени в годы средней водности, чем в маловодные годы. Это отмечено как по абсолютным величинам (рис. 2), так и относительно выделенных лимитов (рис. 3), а также относительно средних значений по области в периоды маловодья (рис. 4).

Из рис. 3 видно, что в 1998 и 1999 годах, а также в 2009 году, по Янгиарыкскому, Кушкूपырскому, Хивинскому, Питнякскому районам наблюдалось превышение забора воды относительно лимита: примерно на 20-35 % в периоды вегетации<sup>3</sup> и более 40 % - в периоды промывки. Перебор лимита, в указанных районах, отмечен и в маловодные годы (рис. 4). Материалы показывают, что ущемлёнными по воде в маловодье являются Багатский, Ханкинский и Шаватский районы.

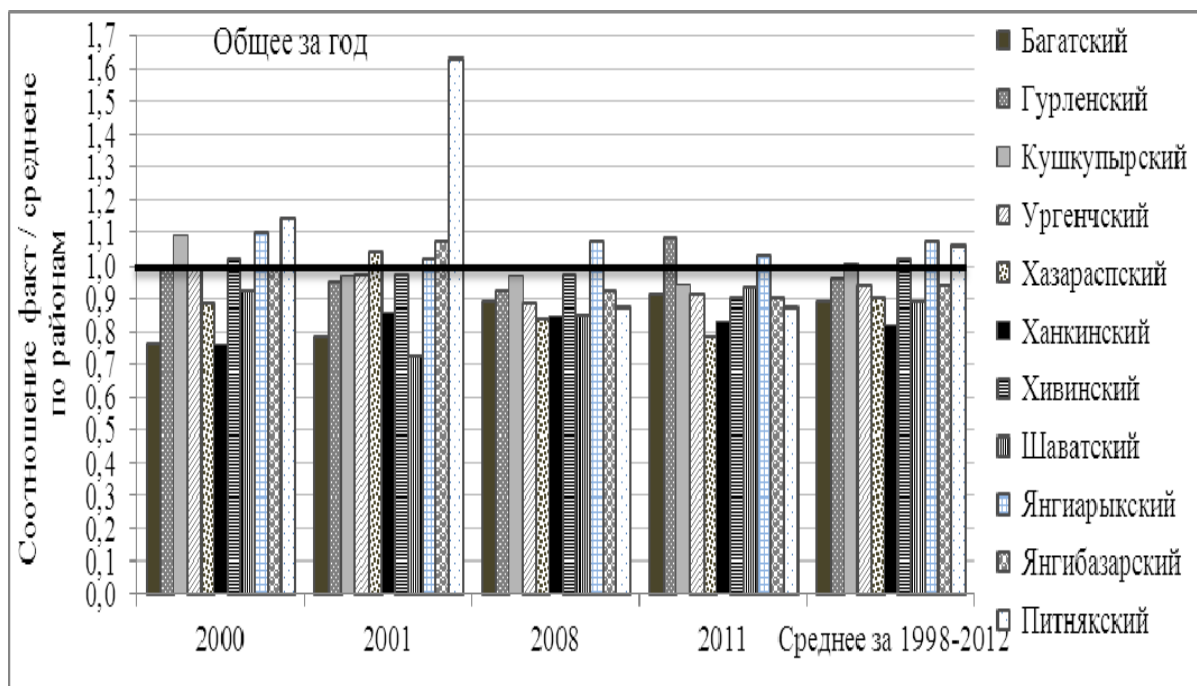


Рис. 4 - Сравнение удельной годовой водоподачи в отдельных районах Хорезмской области со средним значением этого же показателя по области в маловодные годы (для выявления «ущемляемых» районов)

Рис. 4 свидетельствует о неравномерном распределении воды между районами в маловодные годы. Необходимо понять, имеет ли это явление какие-то объективные причины (например, иная структура посевов), или является ошибкой при распределении водных ресурсов. Из рисунка также явно видно, что во все маловодные годы Багатский, Ханкинский и Шаватский районы получали воды меньше среднего по области, а Кушкूपырский, Янгиарыкский и Питнякский районы - выше среднего по области.

Обработанные материалы, представленные на рис. 5-8 показывают явное влияние уменьшения водозабора на снижение уровней грунтовых вод.

Влияние маловодья на распространение площадей орошаемых земель с различными глубинами залегания грунтовых вод видно из рис. 5 А, который иллюстрирует, что в маловодные 2008 и 2011 годы площади земель с УГВ 1,5-2,0 м на 1 июля занимают большую площадь, чем в обычные годы. Влияние маловодья на распространение земель с различной минерализацией грунтовых вод незначительно (рис. 5 Б).

<sup>3</sup> В отдельные годы «перебор» в вегетацию достигал 40 %

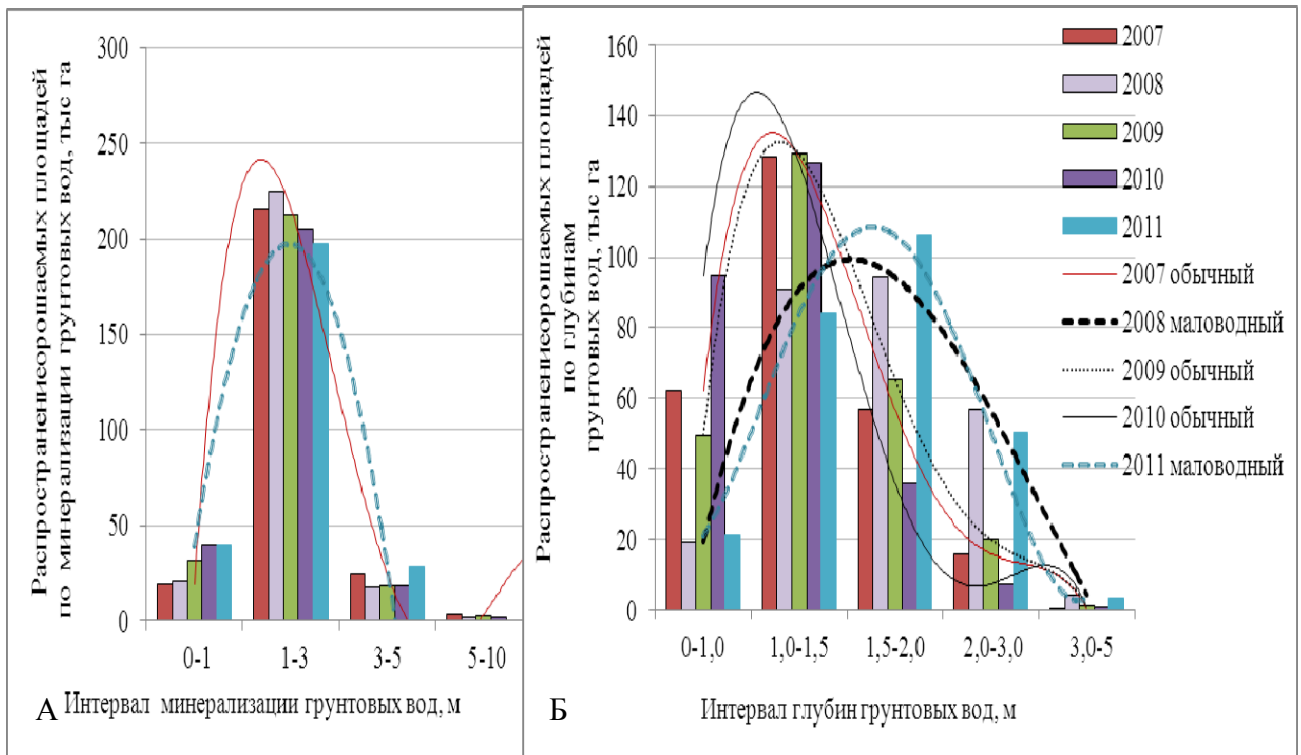


Рис. 5 - Влияние маловодья 2008 и 2011 годов на распространение площадей орошаемых земель с различными глубинами залегания и минерализацией грунтовых вод (на 1 июля)

По данным за период 2004-2012 гг. для всех районов получены зависимости (количественные характеристики) влияния объёма удельной водоподачи на глубину грунтовых вод (рис. 6, табл. 1).

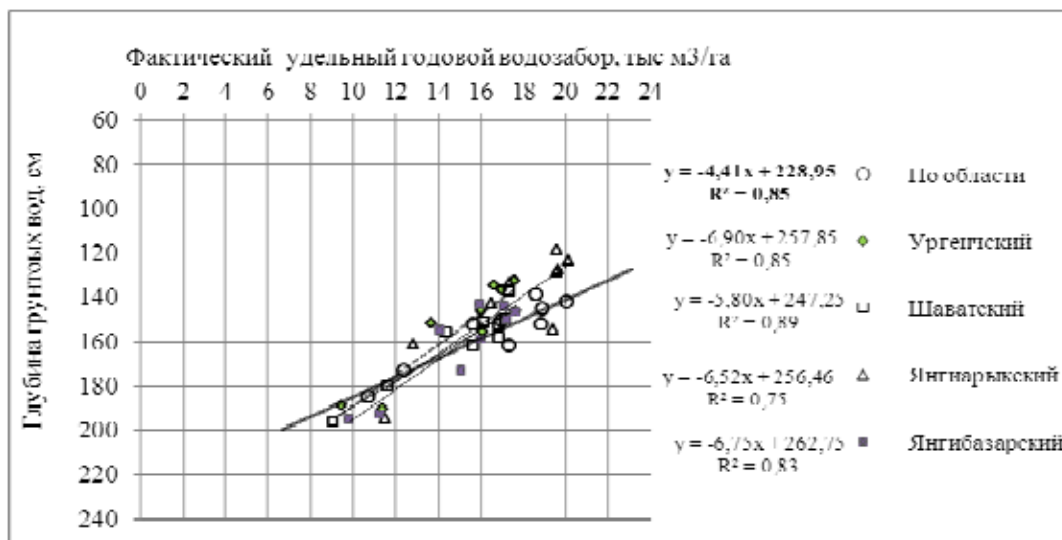


Рис. 6 - Влияние годового объёма удельной водоподачи на среднегодовую глубину грунтовых вод по отдельным районам и по области



Таблица 1 - Зависимости влияния объёма удельной водоподачи на глубину грунтовых вод по отдельным районам и по области

N	Районы	Уравнение связи	Коэфф детерминации	При интервале изменения			
				X- удельный водозабор, тыс. м3/га		Y- УГВ, см	
				Минимум	Максимум	Минимум	Максимум
1.	Багатский	$y = -2,86x + 180,12$	$R^2 = 0,70$	9,6	18,6	123	158
2.	Гурленский	$y = -3,14x + 190,54$	$R^2 = 0,64$	9,8	20,6	128	164
3.	Кушкупырский	$y = -4,89x + 261,00$	$R^2 = 0,61$	10,4	19,7	155	217
4.	Ургенчский	$y = -6,90x + 257,85$	$R^2 = 0,85$	9,5	17,6	160	207
5.	Хазараспский	$y = -1,39x + 149,32$	$R^2 = 0,62$	8,9	18,2	121	139
6.	Ханкинский	$y = -4,84x + 219,68$	$R^2 = 0,87$	9,1	17,4	136	182
7.	Хивинский	$y = -4,74x + 245,73$	$R^2 = 0,85$	10,4	20,1	147	201
8.	Шаватский	$y = -5,80x + 247,25$	$R^2 = 0,89$	9,1	17,3	137	196
9.	Янгиарыкский	$y = -6,52x + 256,46$	$R^2 = 0,75$	11,5	20,1	119	195
10.	Янгибазарский	$y = -6,52x + 256,46$	$R^2 = 0,75$	9,8	17,6	143	195
11.	По области	$y = -4,41x + 228,95$	$R^2 = 0,85$	10,7	20	139	185

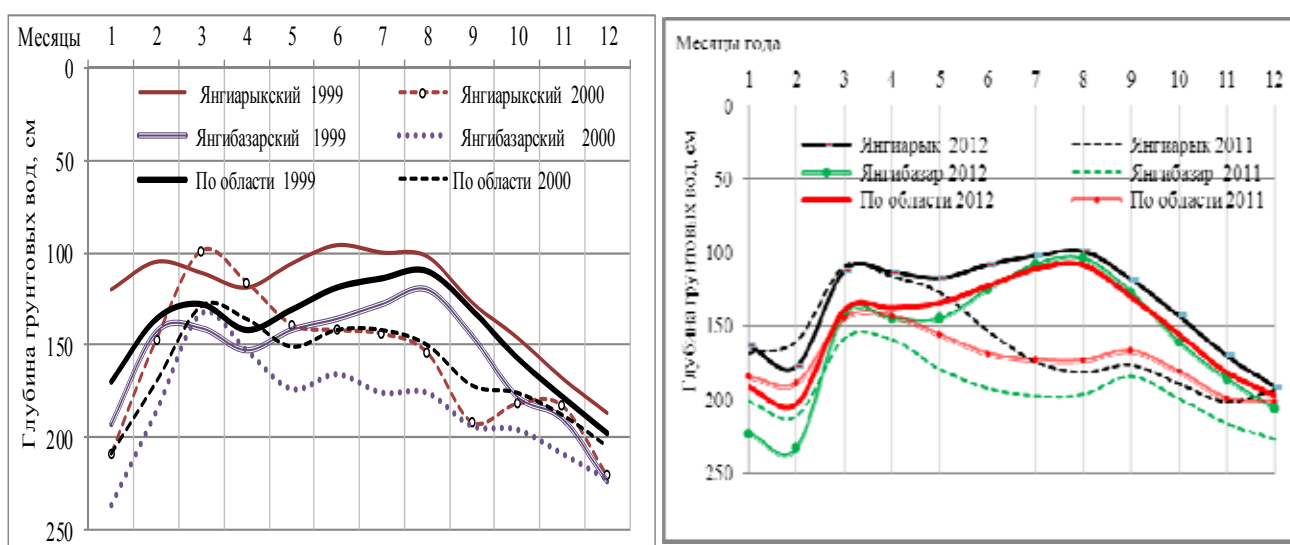


Рис. 7 - Иллюстрация влияния 2000 и 2011 маловодных лет на глубины залегания грунтовых вод в отдельных районах

В условиях близких грунтовых вод, влияние распространения засоления на урожай – относительно и наиболее проявилось только в двух районах. Предполагается, что большее влияние оказывает режим поливов. Установлено также, что в явном виде, зависимость урожая хлопка от глубины грунтовых вод в Хорезмской области отсутствует.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ материалов МСиВХ РУз по водообеспеченности, мелиоративному состоянию орошаемых земель (уровням грунтовых вод и распространению засоления) и урожайности в обычные и в маловодные годы в низовьях р. Амударья (на примере Хорезмской области) показал следующее:

- В Хорезмской области в маловодные годы имеет место неравномерность распределения воды по районам. Возможно, это обусловлено техническими причинами, либо какими-то другими объективными причинами и требует дальнейшего изучения и анализа причин.

- По имеющимся материалам выявлено, что влияние водообеспеченности на распространение засоления земель - слабое, и не везде эта связь значимая. Это обусловлено с одной стороны качеством материала и расхождением сроков событий водосолеобмена со сроками осенних солевых съёмок. С другой стороны, это связано со значительной ролью близкорасположенных грунтовых вод в обеспечении растений влагой и солеобмене с зоной аэрации, и, очевидно с быстрой реставрацией засоления после промывки в этих условиях. Эти процессы солеобмена усложняются при уменьшении подачи воды в поверхности почвы и,

вероятно большим их использованием влаги из грунтовых вод. Обнаружено, что объем воды подаваемый на промывку не влияет на распространение засоленных земель.

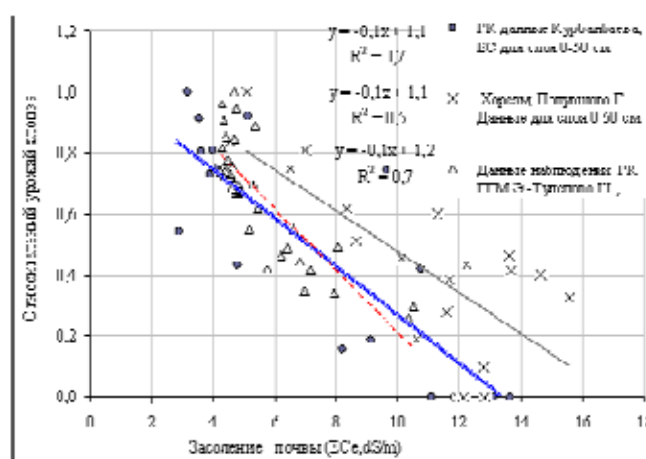


Рис. 8 - Степень влияния распространения засоления на орошаемых землях на урожайность хлопка (обобщённые данные Хазараспскому и Ханкинскому, районам)

Рис. 9 - Влияние засоления почв на урожайность хлопка по данным полевых опытов в низовьях Амударьи

Это можно объяснить тем, что исходная степень засоления не учитывается при распределении воды на поля<sup>4</sup>;

- Таким образом, вопрос засоления почв, в связи со снижениями водозаборов, требует привлечения материалов полевых исследований, моделирования и прогнозирования процессов засоления при уточнённых параметрах.

- При повсеместно близком расположении грунтовых вод с минерализацией около 3 г/л явного влияния глубины грунтовых вод на распространение засоленных земель не обнаружено.

- Более всего маловодье влияет на глубину грунтовых вод, а также и на урожай.

- Полученные количественные значения и зависимости влияния объёма удельной водоподачи на глубину грунтовых вод, можно использовать для моделирования и прогнозирования процессов при ожидаемых изменениях водообеспеченности при маловодьях и в долгосрочных прогнозах, связанных с предполагаемым изменением климата

- Для прогнозирования урожаев, в условиях изменяющегося засоления, можно использовать зависимости, полученные опытным путём для условий Хорезма.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Анализ использования воды в Хорезмской области и обоснование потребности воды для орошения сельскохозяйственных культур: Отчет о НИР; отв. исп. Кушбаев К. - Ташкент, 2003.
2. Мурадов К.Ж., Морозов А.Н., Широкова Ю.И. Оценка использования воды и мелиоративного состояния орошаемых земель Хорезмской области // Сб. науч. тр. «САНИИРИ 80 лет: 1925-2005». – Ташкент, 2006. - С. 68-77.
3. Толепова Ш., Курбанбаев Е.К., Палуашова Г., Широкова Ю.И. Процессы засоления земель и методы поддержания солевого режима почв в условиях близких грунтовых вод и малоуклонных земель низовьев р. Амударья // Материалы Международной научно-практ. конф., посв. 100-летию со дня рождения Н.А. Кенесарина «Современное состояние подземных вод: проблемы и их решения». – Ташкент, 2008. - С. 34–37.
4. Толепова Ш., Курбанбаев Е.К., Форкуца И., Палуашова Г., Широкова Ю.И. Особенности водного и солевого режима орошаемых полей в низовьях р. Амударья (анализ проведенных исследований) // Материалы Респ. научно-практ. конф. «Вопросы совершенствования эффективного использования водных ресурсов, а также улучшения мелиорации и экологии окружающей среды» / НИИИВП при ТИИМ. - Ташкент, 2012. - С. 216-224.

<sup>4</sup> Вода на промывку обычно подаётся весной а контролируется засоление почвы более массово - осенью (т.е. сопоставление заведомо некорректно) .