

## КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССОВ ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ ДЛЯ КОРРЕКТИРОВКИ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ И СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ УРОЖАЕВ

*Г.К. Палуашова, Н.Ш. Шарафутдинова, Ю.И. Широкова  
(НИИИВП при ТИМИ)*

*Тупроқ шўрланишини назорат қилишда электркондуктометр усулини қўллаш амалда ўсимликларнинг ёмон ҳолатини аниқлашга ва ҳосилни йўқолишни камайтириш учун тезкор тадбирларни қўллашга имкон беради. Мақолада, намлик ва шўрланишни ўлчаш маълумотлари бўйича шўрланган тупроқда осмотик ва матрицага ҳисоблаш усуллари келтирилади ҳамда аниқ объектлар учун шундай кузатиш мисоллари ва ҳисоблаб чиқишлар кўрсатилган.*

*Application of the conductivity metering method for soil salinity control allows practically determining stress condition of plants and taking immediate actions to reduce crop loss, e.g. carrying out watering. The article presents the method of calculation of matric and osmotic potential (negative pressure) in saline soil based on moisture and salinity measuring data as well as gives examples of observations and computations for specific objects.*

*Применение метода электрокондуктометрии для контроля засоления почв позволяет на практике определять стрессовое состояние растений и принимать оперативные меры для снижения потерь урожаев, например, проводить поливы. В статье приводится методика расчёта матричного и осмотического потенциала (отрицательного давления) в засоленной почве, по данным измерений влажности и засоленности, а также показаны примеры таких наблюдений и расчётов для конкретных объектов.*

Засоление почв наиболее распространено в равнинной и, особенно, в пустынной зоне Узбекистана и приводит к значительным потерям урожая. В настоящее время засоление почв распространено на около 50 % площади орошаемых земель, 16,9 % из которых - это земли среднего и сильного засоления, которое оказывает серьёзное влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур. Потери урожая хлопка составляют от 15 % при слабом засолении, до 30-40 при среднем и до 60-80 % при сильном засолении. В республике имеется только 3 области, где засоление почв незначительное: это Ташкентская, Самаркандская и Андижанская. Относительно мало засоленных земель и в Наманганской области. В бассейне р. Сырдарья наиболее распространено засоление в среднем течении реки: в Сырдарьинской и Джизакской областях. В бассейне р. Амударья практически во всех областях присутствуют орошаемые земли средней и сильной степени засоления, их количество нарастает вниз по течению, и наибольшее количество располагается в Хорезме и Республике Каракалпакстан, достигая почти 50 % всей орошаемой площади.

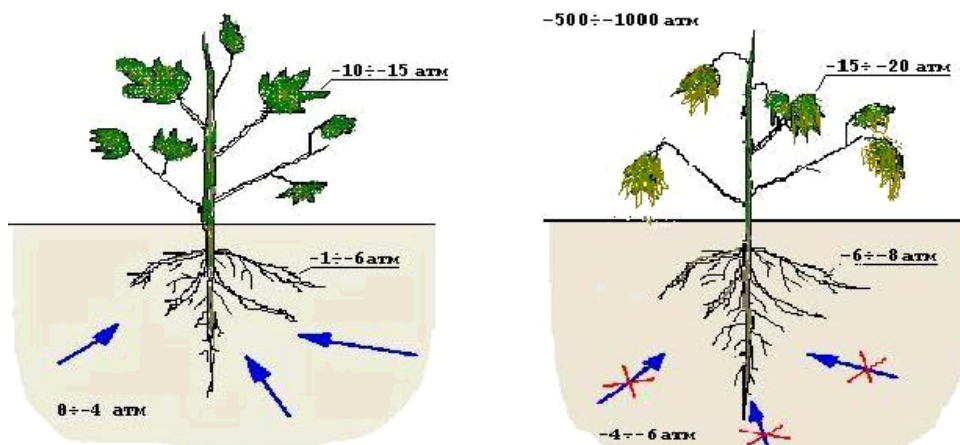
Наиболее опасно засоление почвы при её недостаточной влажности. При этом растения испытывают двойной стресс: затруднённый отбор влаги корнями растений (сосущая сила почвы, которая определяется недостатком в ней влаги, доступной для растений), а за счёт присутствия в почвенном растворе солей - создаётся дополнительное отрицательное давление почвенной влаги, - осмотическое

В корневой зоне в период 1-4 фаз развития хлопчатника<sup>1</sup> суммарное давление не должно превышать 4 атм. В зависимости от суммарного давления и необходимо проводить поливы для его снижения.

Разработанные до настоящего времени режимы орошения не учитывали засоление земель и были нацелены только на регулирование почвенной влажности. Так, для поверхностного полива хлопчатника, в зависимости от фазы развития хлопчатника, рекомендовалось поддерживать поливами влажность на уровне 70 % от ППВ. Для нормального развития растений имеет значение не только количество влаги в почве, но и её минерализация. Учёными отмечалось, что в условиях засоления почв физиологическая засуха наступает быстрее, и, рекомендовалось поддерживать влажность на уровне 80 % от ППВ (Рыжов, 1965). На засоленных почвах режим поливов должен назначаться с учётом концентрации солей в почвенном растворе, так как при снижении влажности почвы у растений возникает солевой стресс.

---

<sup>1</sup> В процессе развития хлопчатника отмечают следующие фазы: всходы, образование настоящих листьев, бутонизацию, цветение, созревание (раскрытие коробочек). От посева до всходов при благоприятной температуре и влажности проходит 5-6 дней, от всходов до появления настоящих листьев - 8-12, от начала появления настоящих листьев до бутонизации - 25-30, от начала бутонизации до цветения - 25-30, от цветения до начала созревания - 50-60 дней.



Как правило, растение имеет высокое давление влаги в стеблях и тканях.

Благодаря разнице давлений в почве и растении, на незасоленных землях растение забирает («откачивает») влагу как насос

В засоленных почвах создается повышенное осмотическое (отрицательное) давление, которое препятствует движению влаги к корню растения. И растение испытывает дефицит влаги - наступает «физиологическая засуха»

Рис. 1 -Влияние засоления на доступность влаги растениям

Учитывая это, сроки полива следует назначать с учётом влияния как влажности, так и засоления почвы по критериям: концентрация почвенного раствора, состояние растений, суммарное отрицательное давление почвенной влаги (сосущая сила почвы + осмотический потенциал). Для контролирования этих показателей и назначения поливов по предельному значению осмотического потенциала необходимо найти достаточно простые и доступные для пользования способы и приборы, косвенно учитывающие одновременно оба показателя давления почвенной влаги (осмотический и матричный потенциал /сосущая сила/ почвы).

С использованием данных, полученных пересчетом из разных опытов СоюзНИХИ (А.Н. Морозовым), были получены зависимости относительной урожайности хлопчатника от суммарного давления (матричного и осмотического). За 100 % в опытах была принята урожайность на незасоленном фоне. Были установлены значения критического суммарного потенциала влаги в почве, которые для хлопчатника находятся в диапазоне 4-6 атм. Для того, чтобы правильно оценить совокупное влияние влажности и засоленности на рост и развитие растений, используется гипотеза, по которой действие осмотической составляющей полного потенциала влаги в почве равнозначно действию капиллярно-сорбционной составляющей. Это условие записывается в следующем виде:

$$P_c = P + P_o \quad (1)$$

где:  $P_c$  – суммарный (полный) потенциал почвенной влаги;

$P$  - капиллярно-сорбционный потенциал в почве, отражающий влажность почвы;

$P_o$  - осмотический потенциал воды в почве, отражающий наличие солей в почвенном растворе.

Осмотическое давление почвенного раствора, содержащего смесь ионов различных солей, рассчитать точно невозможно, а прямое экспериментальное определение в достаточной степени затруднительно. Для целей инженерных расчетов можно пользоваться косвенным способом определения осмотического давления по удельной электропроводности раствора с использованием эмпирической зависимости, проверенной на экспериментальных материалах (Бреслер, 1976):

$$P_o = 0,36 * E_{C_e} \quad (2)$$

где:  $P_o$  - осмотический потенциал почвенного раствора, атм;

$E_{C_e}$  - удельная электропроводность раствора, dS/m.

Каким же образом следует учитывать засоленность почвы при орошении? И как её определить оперативно на конкретном поле, и какие принимать меры в период вегетации, чтобы не потерять урожай?

Для того, чтобы оперативно установить суммарный потенциал и принять на этом основании решение о проведении поливов, необходимо одновременно измерять влажность и засоление почвы.

Определение осмотического потенциала почвы упрощается при использовании для контроля засоленности портативных (или других) кондуктометров, которые в настоящее время не являются новинкой и успешно используются в областных ГГМЭ при БУИС Минсельхоза.

Методика расчета осмотического потенциала достаточно проста: необходимо измерить электропроводность почвенной суспензии, умножить её на экспериментально установленный коэффициент, равный 3,5, получив значение электропроводимости насыщенного почвенного экстракта – ЕСе[1]. Затем определить влажность (в долях от ППВ) и разделить ЕСе на это значение. Получится фактическая электропроводность в почве в данный момент времени. Умножением этого значения на 0,36, определяется осмотический потенциал в атмосферах.

Рассчитать осмотическое давление в почвенном растворе при контроле засоления и влажности почвы очень просто можно по формулам:

$$ЕСе=ЕС_{1:1} * 3,5 \text{ dS/m (или ЕС}_{\text{штыря}} * 4,2) \quad (3)$$

$$\Psi=0,36 * ЕСе, \text{ атм.} \quad (2)$$

$$\Psi_1 = \Psi / \text{Вл.}_{\text{факт.}} / \text{Вл.}_{\text{ППВ}} \quad (4)$$

Где,

ЕСе – электропроводность насыщенного почвенного экстракта (обычно используют для оценки степени засоления по классификации ФАО), в децисименсах на метр (dS/m)<sup>2</sup>

ЕС<sub>1:1</sub> – электропроводность, измеряемая почвенно-водной суспензии 1:1, dS/m;

3,5 и 4,2 – переходные коэффициенты при использовании суспензии или штыревого электрокондуктометра в поле, в увлажненной почве;

Ψ – отрицательное осмотическое давление почвенного раствора при насыщении почвы до ППВ, например, после полива, атм.;

Ψ<sub>1</sub> – отрицательное осмотическое давление почвенного раствора при текущей влажности почвы, например перед поливом (обычно высокое, при высоком засолении почвы), атм.;

Вл. <sub>факт.</sub> - текущая (фактическая) влажности почвы в корневой зоне (% от массы или от объема);

Вл. <sub>ППВ</sub> - влажность почвы, соответствующая предельной полевой влагоёмкости – ППВ (% от массы или от объема).

Таким образом, можно представить степень стресса растений, по значению осмотического потенциала. Срок назначения полива определяется по значению этих показателей.

#### **Пример.**

ППВ – 23 % от массы почвы, фактическая весовая влажность – 18 %, (или 0,78 от ППВ). Замеренная портативным кондуктометром ЕСе= 6,5 dS/m. Фактическая электропроводность определяется путем деления 6,5 на 0,78, т.е. составляет 8,3 dS/m. При этом осмотическая составляющая почвенной влаги будет равна 8,3\*0,36 или 2,99 атм.

Если потенциал почвенной влаги (определенный по кривой водоудерживаемости) для данных почв при влажности 18 % составляет примерно 1 атм. (pF3), значит суммарный потенциал, близок к критическому – 4 атм.

В этих условиях необходимо проводить полив, можно немного и повременить, но ситуацию постоянно надо контролировать.

Фактическую влажность почвы измерять термостатно-весовым методом сложно, но при наличии влагомера не реагирующего на соли, можно применять набор инструментов, которые позволят простейшими расчетами определить состояние давления почвенной влаги, с учетом осмотической составляющей и, таким образом, принимать решение о проведении полива, предотвращая стресс растений.

Данный расчет не исключает, а напротив, требует знания влажностных характеристик почвы. Т.е., нужно знать не только текущую влажность почвы в % к массе, но и предельную полевую влагоёмкость – ППВ почвы участка. Данная таблица полезна, так как дает представления о возникающих давлениях почвенной влаги от влажности и от засоления, и ориентирует, какое засоление можно допустить в почве, без потерь урожая, при определенной влажности почвы. Следует заметить, что здесь не учитывается токсическое влияние (химическое воздействие) солей на растения.

Рассмотрение данной таблицы, показывает, что если принять за критическое отрицательное давление 4 атм., то при сочетании влажности 0,7 от ППВ и засоления 8,4 dS/m – только осмотическая

---

*2 ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ - численное выражение способности раствора проводить электрический ток, ЭП- раствора зависит в основном от концентрации растворенных минеральных солей и температуры.*

составляющая давления равна 4,4 атм. Следовательно, в этих условиях нельзя допустить, чтоб засоление превысило 7 dS/m. И нужно срочно проводить полив!

Таблица 1 - Пример использования рF кривой для определения критической весовой влажности для условий Хорезма (при условии, если бы почва была незасоленной)

№	Показатели	Универсальная зависимость для любых условий													
		2,0 (ППВ)	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3
1	рF														
2	Влажность, в долях от ППВ	1,0	0,95	0,91	0,87	0,83	0,80	0,77	0,74	0,71	0,69	0,67	0,65	0,63	0,61
3	Матричное давление, атм.	0,10	0,12	0,16	0,20	0,25	0,31	0,39	0,50	0,62	0,79	0,99	1,25	1,57	1,97
Для условий Хорезма, где ППВ составляла 22,7 % от массы															
4	Влажность, % к массе	23	21,6	20,6	19,7	18,9	18,2	17,5	16,8	16,2	15,7	15,1	14,6	14,2	13,8

Данные получены путем: 1 - Кривая рF; 2 - Рассчитано, через рF; 3 - По уравнению  $y = 0,001e^{2,2991x}$ , где  $x = рF$  – давление; 4 - Термостатно - весовой метод

Таблица 2 - Расчет критически допустимого засоления почвы по ЕСе при различной влажности почвы в долях от ППВ

Критическое суммарное давление $P_{атм} = P_{матр.} + \psi_{осм}$	Влажность почвы - в долях от ППВ	Матричное давление- $P_{матр.}$ атм	Допустимое значение ЕСе, dS/m (при критическом давлении)	Осмотическое давление- $\psi$ , атм
4	0,6	1,7	3,8	2,3
	0,7	0,6	6,5	3,4
	0,8	0,3	8,1	3,7
5	0,6	1,7	5,4	3,3
	0,7	0,6	8,4	4,4
	0,8	0,3	10,3	4,7
6	0,6	1,7	7,1	4,3
	0,7	0,6	10,3	5,4
	0,8	0,3	12,5	5,7

Данные цифры корреспондируют с допустимыми пределами засоления по хлопчатнику, принятыми ФАО. Однако, из опубликованных работ неясно, на каких критериях основано предположение ФАО, какая влажность и какие почвы и сорта хлопчатника.

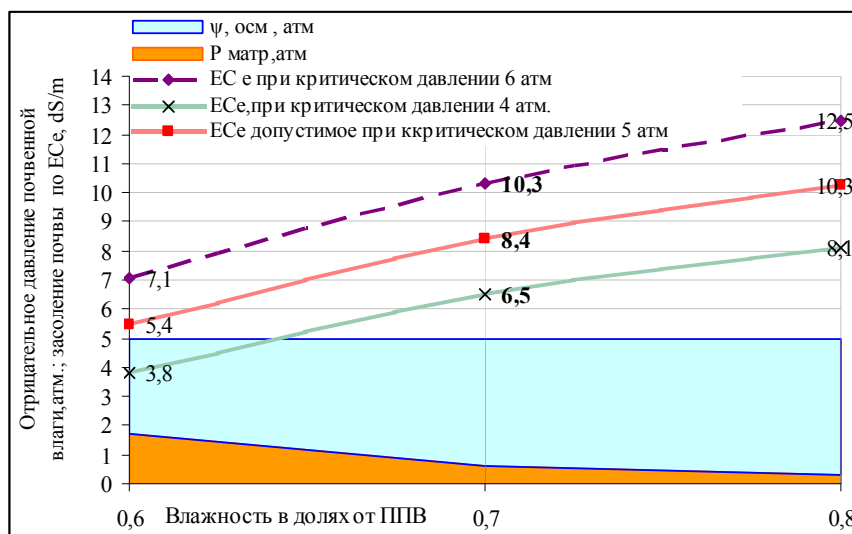


Рис. 2 - Иллюстрация соотношения матричного и осмотического давлений и критических значений засоленности почвы, при различной влажности почвы, в увязке с критическим давлением почвенной влаги

(матричным и осмотическим)

Как видно из рис. 2, если принять полное давление 4 атм. за предельное, то значение ЕСе равное 8,4 dS/m допустимо лишь при поддержании влажности на уровне 0,8 от ППВ, что возможно только при частых поливах или при прогрессивных технологиях орошения (капельное орошение, дождевание, либо суб-иригация). При поддержании же поливами влажности на уровне 0,7 от ППВ максимально можно допустить в корнеобитаемом слое засоление – не выше 6,5 dS/m.

На рис. 3 и 4 представлены примеры расчёта потенциала почвенной влаги по рассмотренной методике на основе данных мониторинга засоления и влажности почвы в период вегетации,

Из рисунков видно, что в условиях среднего засоления почвы, при относительно глубоких грунтовых водах, в сохранении урожая решающую роль играют поливы (т.к. может сильно снижаться влажность почвы между поливами и возрастать матричный потенциал). А в условиях Хорезмской области, при сильном засолении и очень близко расположенных грунтовых водах (на глубине около 1 метра), решающую роль в формировании урожая, играет засоление почвы (и создаваемый им осмотический потенциал) и при этом матричный потенциал очень мал. В этих условиях растения как бы обеспечены влагой в корневой зоне, но выжить не могут из-за засоления.

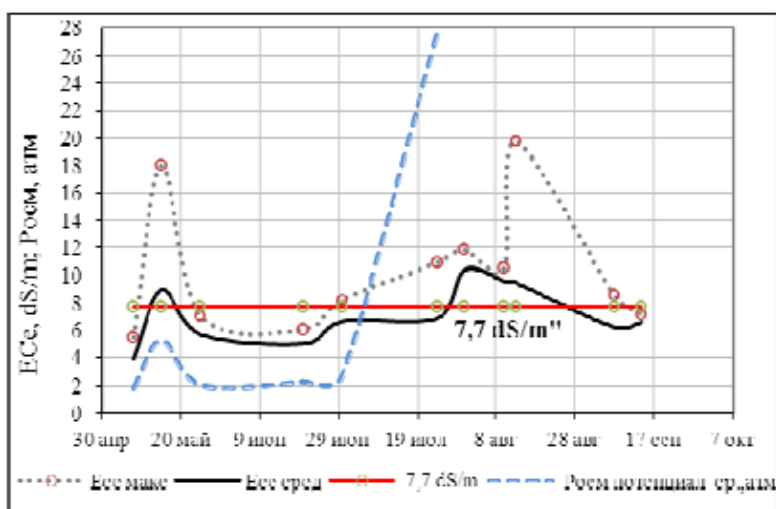


Рис. 3- Изменение максимальных и средних значений электрической проводимости насыщенного почвенного экстракта ЕСе на демонстрационном поле хозяйства «Талашкан» Сурхандарьинской области (использованы данные наблюдений по проекту WUFMAS, 1999)

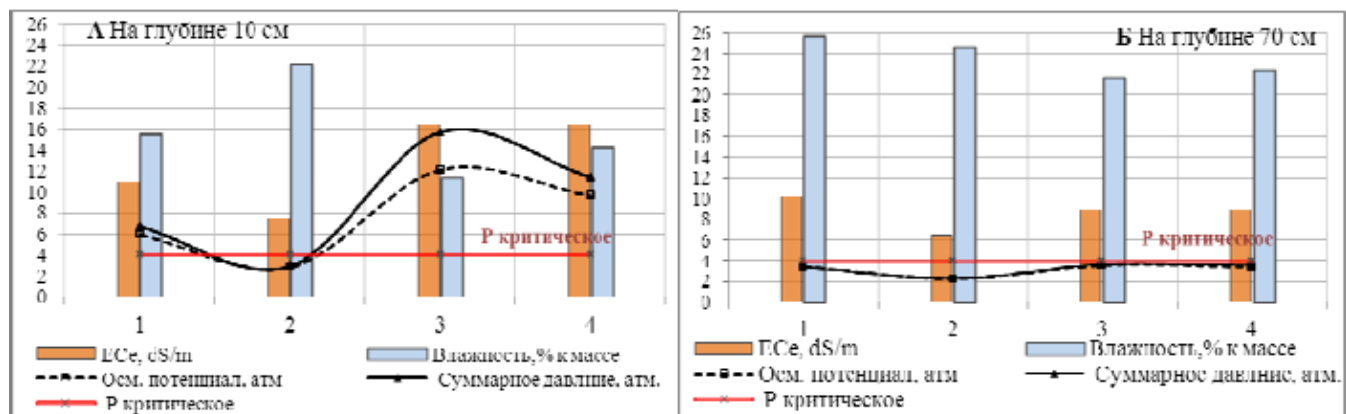


Рис. 4 – Данные наблюдений Г.К Палуашовой, проведённых в Ханкинском районе Хорезмской области 2007 г. в условиях высокого стояния грунтовых вод (1...4-данные наблюдений по датам 23.07; 30.07; 06.09 и 07.10)

Имея соответствующее оборудование для оперативного измерения электропроводности почвенных растворов и влажности почвы, можно контролировать ситуацию на засоленном поле и не допускать стресса растений, подавая воду настолько часто, насколько это потребуется. Данная методика очень удобна для применения на системах полива с регулируемой подачей воды, типа

капельного орошения, но, тем не менее, при наличии доступа к оросительной воде, его успешно можно применять и на бороздковом поливе.

Распространение этого метода позволит предотвратить ущерб урожая сельскохозяйственных культур от засоления почв за счёт принятия мер по его предотвращению и снижению.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Широкова Ю.И., Данабаев А., Форкуца И.В., Шарафутдинова Н.Ш. Опыт применения электрокондуктометрических методов контроля засоления почв в условиях Узбекистана // Сборник трудов САНИИРИ. - Ташкент, 2003. – Том 3. - С. 3-13.

2. Палуашова Г. Использование электронных влагомеров для определения сроков полива на засоленных землях Хорезмской области // Сельское хозяйство Узбекистана. – 2006. - № 4.

3. Широкова Ю.И., Палуашова Г.К., Шарафутдинова Н.Ш. Пути контроля состояния почвы для назначения поливов в условиях засоления. // Материалы Респ. научно-практ. конф. «Развитие водного хозяйства и мелиорации Республики Узбекистан в период перехода к рыночной экономике». - Ташкент, 2006. - С. 142 -147.

УДК 681.121

## ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ВОДЫ ОТКРЫТЫХ ВОДОТОКОВ

**У.Р. Расулов**  
(НИИИВП при ТИИМ)

*Маколада, очик каналлардаги сув окимини улчайдиган янги ишчи асбоби хакида маълумот келтирилган. Яратилган асбоб - уз аро электрик боғланган икки қисм: датчик ва сигнални ишлайдиган электрон блоклардан иборат булган – сув тезлигини улчагич (ИСВ-Е) нинг тушунтириши ёзмаси келтирилган. Датчик стандарт штанга ёрдамида сув окимининг танланган нуқтасига туширилади. Электрон блок датчик сигнални ишлаб, сув окими тезлиги хақидаги маълумотни тезлик бирлигида рақамларда курсатади.*

*В статье представлена информация о созданном новом рабочем средстве измерения скорости воды для открытых водотоков. Приводится описание созданного прибора – измерителя скорости воды (ИСВ-Е), который состоит из двух частей - датчика и электронного блока обработки сигнала, соединяемых между собой электрически. Датчик опускается в контролируемую точку потока при помощи стандартной штанги. Электронный блок обрабатывает сигнал датчика и представляет информацию о скорости воды в единицах скорости в цифровом виде. Разница результатов сравнительных измерений скорости воды созданным прибором и приборами других производителей находится в пределах  $\pm 2,0\%$ .*

Несмотря на известность разнообразных средств измерения скорости воды, до настоящего времени единственным рабочим средством измерения скорости воды открытых водотоков, нашедшим применение на практике для определения расхода воды открытых каналов и рек, является гидрометрическая вертушка (ГМВ), представляющая собой свободно вращающийся лопастной винт, установленный на неподвижную ось, и преобразователь количества оборотов винта в электрический (или звуковой) сигнал [1, 2, 4]. При опускании ГМВ в контролируемую точку потока в результате взаимодействия потока воды и винта, энергия поступательного движения потока воды преобразуется в энергию вращательного движения винта, по количеству оборотов которого в единицу времени можно судить о скорости воды.

Однако после распада бывшего СССР её поставка в нашу республику полностью прекратилась, и она превратилась для нас в дорогостоящую импортную продукцию.

В то же время следует отметить, что, несмотря на широкую распространенность, ГМВ присущ ряд существенных недостатков, основными из которых являются:

- индивидуальность калибровочной (градуировочной) характеристики скорости, составление которой и дальнейшие ее периодические поверки требуют дорогостоящего специального стенда;
- непригодность ее без полной разборки, чистки, сборки и смазки после каждого использования;
- непригодность ее для непрерывных измерений;
- невозможность проверки правильности ее работы на местах без градуировки и т.п.

Основной причиной отмеченных недостатков ГМВ является наличие в ее конструкции механически трущихся деталей и их незащищенность от вредных воздействий воды.

Как отмечено, кроме ГМВ, известны и другие средства, предназначенные для измерения скорости жидкостей, например, гидрометрические трубки (ГМТ). Как известно, они являются наиболее простыми и надежными средствами измерения скорости жидкостей.

По принципу работы ГМТ относят к механическим средствам измерения, хотя в их конструкции нет трущихся элементов и деталей кроме изменения уровней воды в трубках. Рассматриваемое в данной статье средство измерения скорости воды является усовершенствованным вариантом ГМТ, поэтому ниже подробнее остановимся на принципе и особенностях ее работы.

Обычные ГМТ состоят из двух трубок, одна из которых – динамическая, изогнутая под углом 90° и имеющая приемное торцевое отверстие, направленное навстречу потоку и диаметром меньше, чем диаметр самой трубки. Вторая - статическая трубка, прямая, ее приемное отверстие параллельно направлению измеряемой скорости потока.

Как известно, если установить ГМТ в определенную точку потока воды, то уровень воды в статической трубке будет соответствовать уровню воды потока. А уровень воды в динамической трубке будет выше уровня воды в статической трубке на определенную величину. Эта разница уровней воды зависит от скорости воды в данной точке потока. Следовательно, по этой разнице уровней можно определить скорость воды в данной точке потока. Скорость воды в данной точке потока определяется ГМТ по следующей зависимости:

$$V = \kappa \sqrt{2g(H1 - H2)} \quad (1)$$

где  $\kappa$  – коэффициент трубки, зависящий от конкретной конструкции и гидравлики трубки, численное значение которого равно  $\kappa=1,0$  с погрешностью  $\pm 0,25\%$  для различных конструкций трубок, то есть, из-за относительной незначительности, мы им можем пренебречь,

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – значение ускорения земного притяжения,

$H1$  и  $H2$  – уровни воды в динамической и статической трубках.

На рис. 1. показаны основные разновидности известных ГМТ.

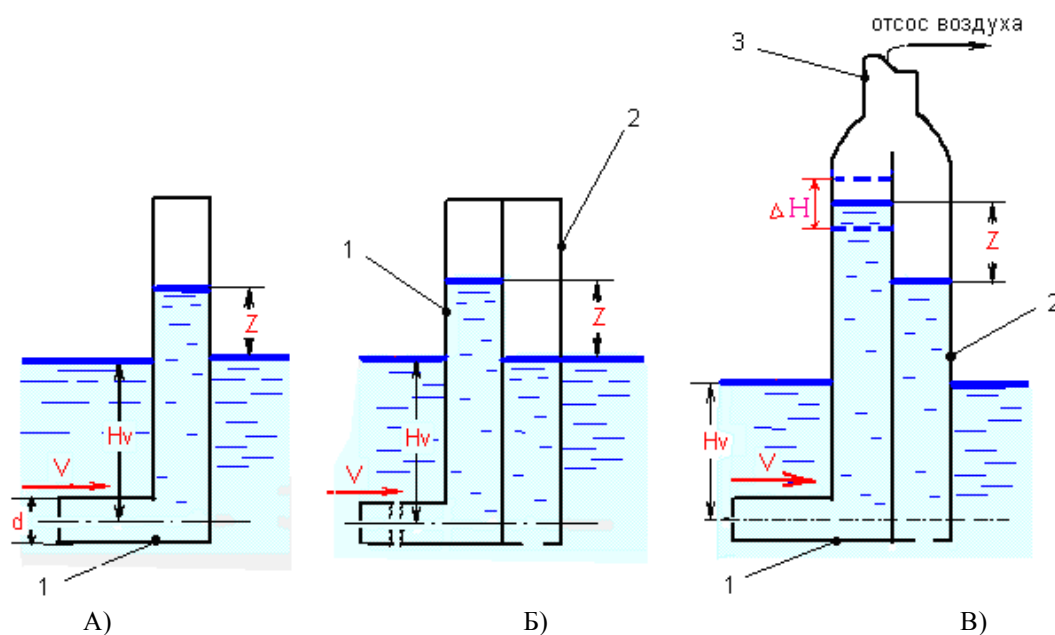


Рис. 1- Основные разновидности известных гидрометрических трубок:  
 А) трубка Пито; Б) трубка Пито-Дарси; В) трубка Пито-Дарси с отсосом воздуха

Условные обозначения:

1,2 – динамическая и статическая трубки, соответственно,

3 – вспомогательная трубка,

$V$  – измеряемая скорость потока воды,

$Hv$  - глубина точки измерения скорости,

$Z$  - разница уровней воды,

$\Delta H$  – амплитуда пульсационных колебаний уровней воды в измерительной трубке.

Первая разновидность из них – это простейший вариант трубки Пито, т.е. вариант трубки в том виде, в каком ее впервые предложил французский ученый Пито в 1732 г. (рис.1 А), и которую он применил для измерения скорости течения воды реки. Как видно из рисунка, она представляет собой одну трубку, согнутую по форме буквы Г. Разность уровней (скоростная высота)  $Z$  воды в простейшем



варианте получается между уровнем воды, образованного внутри полости вертикальной части трубки и уровнем воды свободной поверхности воды вне трубки.

Однако такая трубка не пригодна для измерений скорости воды в напорных трубопроводах. Для устранения этого недостатка в 1858 г. Г. Дарси предложил прибавить к динамической трубке Пито вторую - статическую трубку и объединить их в один прибор. В результате получилась вторая разновидность ГМТ (рис. 1 Б), которую называют трубкой Пито-Дарси или дифференциальной трубкой Пито. Однако как видно из рисунков, эти разновидности трубок неудобны в эксплуатации, например, при измерении скорости открытых водотоков, так как отсчеты уровней воды с измерительных трубок приходится снимать непосредственно у свободной поверхности потока воды которая, как известно, обычно находится значительно ниже положения уровня глаза оператора (человека).

Если понизить давление в обеих трубках дифференциальной трубки (например, отсосом воздуха через третью – объединяющую трубку), то оба уровня – динамический и статический можно будет поднять на удобную для снятия отсчетов с них высоту. Значение  $Z$  при этом не изменится. В результате появилась третья разновидность ГМТ (рис. 1 В). Имеются еще и другие разновидности ГМТ. Однако они, существенно не отличаются от вышеперечисленных по метрологическим и эксплуатационным характеристикам, хотя некоторые из них по конструкции сложны, а в эксплуатации неудобны. Известные конструкции традиционных ГМТ непригодны для широкого практического применения при измерении скорости воды открытых водотоков из-за следующих основных недостатков:

- большая погрешность измерения при малых скоростях, обусловленная малой чувствительностью метода при малых скоростях, а также из-за невозможности снятия достаточно точных отсчетов об уровнях воды в измерительных трубках ввиду непрерывных и достаточно интенсивных пульсационных колебаний их ( $\Delta H$  на рис. 1 В) в процессе работы;

- относительно большие габариты - длина измерительных трубок, по значению превышающая глубину погружения ГМТ в контролируемую точку потока, и их зависимость от глубины нахождения контролируемой точки, что неудобно при пользовании ими.

Дело в том, что, во-первых, как следует из выражения (1), зависимость между скоростью воды и разностью уровней воды, обусловленная этой скоростью - нелинейная, причем, участок низкой чувствительности кривой приходится на малые скорости.

Во-вторых, уровни воды в измерительных трубках в процессе работы непрерывно колеблются, причем с достаточной интенсивностью и амплитудой ввиду пульсационных скоростей воды. Это затрудняет снятие точных визуальных отсчетов.

Кроме того, еще необходимо иметь в виду, что, при строгом подходе, снятие отсчетов об уровнях воды с обеих измерительных трубок должно быть одновременным.

Ниже приводится описание созданного нами прибора для измерения локальной скорости воды открытых водотоков – измерителя скорости воды ИСВ-Е.

Прибор конструктивно состоит из двух частей: датчика и электронного блока обработки сигнала, соединяемых между собой электрически (рис. 2).

Датчик, опускаемый в контролируемую точку потока воды, представляет собой усовершенствованную конструкцию ГМТ и при помощи первичного преобразователя преобразовывает уровни воды в измерительных трубках в электрический сигнал. Для этого внутри каждой измерительной трубки вдоль ее продольной оси протянут электрический провод, который служит чувствительным элементом и подключен к электронному блоку.

ЭБ обрабатывает сигнал датчика по заданному алгоритму и результат обработки – значение скорости воды индицирует на дисплее в цифровом виде в единицах скорости, т.е. в м/с.

Алгоритмом обработки сигнала ЭБ является зависимость (1) в виде:

$$V = 4,43\sqrt{(H1 - H2)} \quad (2)$$

где  $V$  – измеренное значение скорости воды,

$$4,43 = \sqrt{2g} = \sqrt{2 \times 9,81} = \sqrt{19,62},$$

$g = 9,81 \text{ м/сек}^2$  – значение ускорения земного притяжения,

$H1$  и  $H2$  – уровни воды в динамической и статической трубках.

Таким образом, прибор выполняет следующие измерительные и математические операции:

- измеряет уровни воды в динамической и статической трубках  $H1$  и  $H2$ ;
- вычитает из значения  $H1$  значение  $H2$ ;



- из полученной разницы  $(H_1 - H_2)$  извлекает квадратный корень;
- полученный результат  $\sqrt{(H_1 - H_2)}$  умножает на коэффициент 4,43.

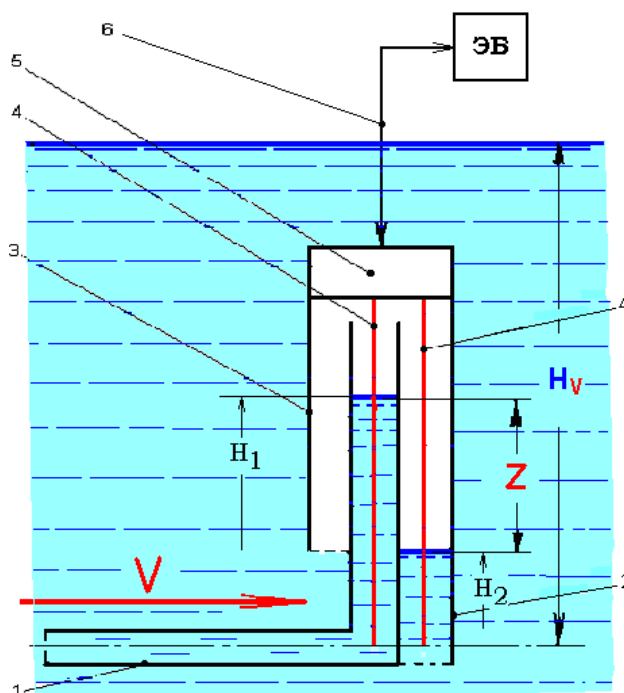


Рис. 2- Схематический чертеж ИСВ-Е:

А) трубка Пито; Б) трубка Пито-Дарси; В) трубка Пито-Дарси с отсосом воздуха

Условные обозначения:

- $V$  – измеряемая скорость потока воды;  $H_v$  – глубина точки измерения скорости воды;
- $Z = (H_1 - H_2)$  – разность уровней воды в измерительных трубках;
- 1 и 2 – динамическая и статическая трубки, соответственно;
- 3 – вспомогательная трубка;
- 4 – чувствительный элемент датчика;
- 5 – первичный преобразователь;
- 6 – соединительный провод датчика и электронного блока;
- ЭБ – электронный блок обработки сигнала.

В результате получается численное значение скорости воды  $V$  в данной точке потока. Этот результат ЭБ показывает в цифровом (трехразрядном, с запятой после первого разряда) виде в единицах скорости, т.е. например, в виде:  $V=9,99$  м/сек.

Датчик изготовленного образца прибора имеет следующие параметры.

Рабочая высота измерительных трубок с чувствительными элементами внутри – 200 мм, что соответствует максимальной скорости воды до 2,0 м/с.

Для проведения измерений, датчик крепится на стандартную гидрометрическую штангу диаметром 28 мм.

Прибор – полностью электронный, питается от батареи типа «Крона», встроенной в корпус электронного блока. Прибор не требует индивидуальной градуировки, а также установки нуля перед проведением измерений.

Электронный блок позволяет получать результаты измерений с осреднением пульсационных составляющих скорости, в течение выбранного периода осреднения из: 20; 40; 60; 120 и 240 секунд.

Для проверки работоспособности прибора, проведены его испытания в лабораторных и натуральных условиях. Натурные испытания проводились на различных водотоках (на каналах: Карасу; Бозсу и параболическом лотке ЛР-80, находящемся на территории Паркент-Карасуйского управления ирригационных систем в Ташкентском вилояте).

Методика испытаний заключалась в проведении измерений скорости воды в одной и той же точке открытого водотока двумя гидрометрическими вертушками типа ГР-21, электромагнитным измерителем скорости воды типа LP30 производства Японии и испытуемым прибором ИСВ-Е, и в сравнении полученных результатов измерений. Результаты испытаний прибора совместно с представителями эксплуатационных организаций водного хозяйства показали, что разница результатов измерений скорости воды указанными приборами и ИСВ-Е находится в пределах  $\pm 2,0$  %.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Железняков Г.В. Гидрометрия. - М., 1964.
2. Карасев И.Ф. Речная гидрометрия и учет водных ресурсов. - Л., 1980.
3. Горлин С.М., Слезингер И.Н. Аэромеханические измерения, методы и приборы. - М. 1964.
4. Клименко Д.Е. Развитие гидрометрических вертушек в России и за рубежом // Географический вестник - 2010. - № 2 (13).

УДК 681.121

## ШЛЮЗ-ВОДОМЕР ДЛЯ ОТКРЫТЫХ КАНАЛОВ ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

**У.Р. Расулов**  
(НИИИВП при ТИИМ)

*Маколада, ичитли сувчикаргичнинг такомиллаштирилган варианты - даргот-сувулчагич устида утказилган экспериментал таджикот натижалари келтирилган. Даргот-сувулчагичнинг битта турулчамлигиининг сарф коэффициентини ракамли кийматини топиш хамда уни аниклаштириш буйича экспериментал таджикотлар утказилган. Олинган маълумотларни тахлил килиш натижалари келтирилган: сув сарфи икки марта узгарганда, сарф коэффициенти кийматининг узариши  $\pm 1,0$  % ни ташиқил қилган. Шунга асосланиб, даргот-сувулчагичнинг таклиф қилинган конструкцияси ирригация тизимларининг очик каналларидаги сув сарфини етарли даражада аниқ ва ишончли улцаш имконини берадиган универсал восита сифатида ишлатилиши мумкин.*

*В статье приводятся результаты экспериментальных исследований усовершенствованного варианта щитового водовыпуска – шлюза-водомера. Проведены исследования одного типоразмера шлюза-водомера по экспериментальному определению и уточнению численного значения коэффициента расхода. Приводятся результаты анализа полученных данных: нестабильность коэффициента расхода при изменении расхода воды в два раза находилась в пределах  $\pm 1,0$  %. На основе этого делается вывод о том, что предложенная конструкция шлюза-водомера может быть использована как достаточно точное, надежное и универсальное средство для учета воды открытых каналов ирригационных систем.*

Несмотря на известность разнообразных методов и средств измерения расхода воды, задача достоверного и надежного измерения расхода воды открытых каналов ирригационных систем до сих пор остается не решенной. Это объясняется следующими обстоятельствами.

Во-первых, расход воды является производной величиной – умноженное значение двух переменных параметров: площади поперечного сечения и скорости воды. Как известно, пока отсутствуют методы и средства его непосредственного измерения в открытых каналах.

Во-вторых, водохозяйственные объекты, с точки зрения измерения расхода воды, имеют ряд специфических особенностей: чрезвычайно широкий диапазон изменения расходов воды; разнообразная геометрическая форма и размеры поперечных сечений каналов; разнообразные рельефы; содержание в оросительной воде водорослей, мусора и т.п.

Как известно, оросительная система Республики состоит из сети многокилометровых каналов разного уровня с многочисленными гидросооружениями распределения воды на них. Каждый санкционированный водоотвод на головном участке имеет регулирующее сооружение – щитовой водовыпуск, служащий для открытия-закрытия и регулирования расхода воды. Щитовые водовыпуски проектируются, изготавливаются, монтируются и т.п. согласно рабочим чертежам с соблюдением установленных допусков. Другими словами, практически, в головной части каждого отвода имеется водовыпускное сооружение с известной геометрической формой и с достаточно точными размерами, которые достаточно благоприятны и надежны, с точки зрения обеспечения водомерности отвода, а следовательно, и ведения учета воды. Однако на практике используют щитовые водовыпуски, несовершенной конструкции и компоновки. Щитовые затворы и подводящие к ним части сооружений - необтекаемой формы. Это не позволяет использовать их для учета воды. Дело в том, что при протекании воды через такое сооружение численное значение коэффициента расхода, входящего в формулу вычисления расхода неизвестно и нестабильно. Поэтому при необходимости обеспечения водомерности щитовых водовыпусков, их индивидуально градуируют. Как известно, это достаточно сложно и трудоемко, а точность - низкая. Поэтому этот метод рекомендуют только для контрольных измерений.

Для повышения точности измерения расхода воды щитовым водовыпуском предлагается ввести некоторые усовершенствования, которые заключаются в выполнении нижней кромки щитового затвора и боковых стенок подводящей части сооружения криволинейными, в виде четверти круга одинакового радиуса. Такой водовыпуск будет иметь заранее известное и достаточно стабильное значение коэффициента расхода.

В результате он может выполнять помимо своей основной функции - открытия-закрытия и регулирования воды, - и функцию измерения расхода. Следовательно, там, где имеется такой водовыпуск, отпадает необходимость строительства отдельного гидропоста для учета воды.

Предлагаемый нами щитовой водовыпуск мы назвали шлюзом-водомером.

Для возможности проведения экспериментальных исследований предлагаемого шлюза-водомера, изготовлены один типоразмер щитового затвора и водослив с тонкой стенкой типа «Чиполетти», как образцовое средство при сравнительных исследованиях. Схематический чертеж конструкции шлюза-водомера с щитовым затвором, нижняя кромка которого выполнена криволинейной в виде четверти круга, представлен на рис.1 в двух проекциях.

Основные конструктивные размеры:  $B = 0,5$  м;  $H = 0,6$  м;  $R = 0,2$  м.

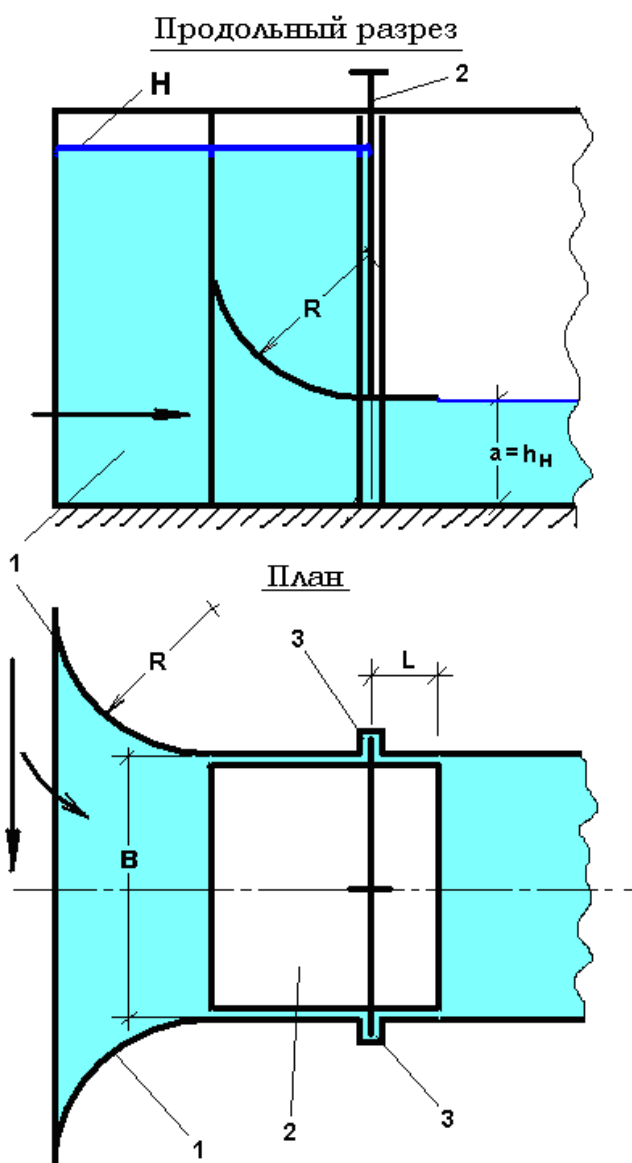


Рис. 1 - Схематическая конструкция выбранного типоразмера шлюза-водомера

Для максимального сокращения строительных работ на объекте, был изготовлен полностью металлический вариант щитового затвора с боковыми стенками и дном, как показано на рис.1. Для установки его и водослива с целью проведения экспериментальных исследований выбран объект в Янгйбазарском районе Ташкентской области.

Шлюз-водомер и водослив были установлены последовательно так, чтобы вода проходила и через испытуемый шлюз-водомер, и через водослив – образцовое средство измерения расхода.

После этого проведены его экспериментальные исследования.

Методика исследований заключалась в проведении сравнительных измерений расходов воды шлюзом-водомером и водосливом и определении численного значения коэффициента расхода шлюза-водомера и характера его изменений при различных относительных открытиях щита, с использованием измеренных водосливом расходных данных.

При проведении исследований режим истечения воды из-под щита был свободным. Поэтому для вычисления коэффициента расхода шлюза-водомера пользовались следующей зависимостью

$$\mu = \frac{Q}{ab\sqrt{2g(H-a)}}$$

где Q – расход воды по показаниям водослива,

a - величина открытия щита,

b – ширина щитового затвора,

g = 9,81 м/сек<sup>2</sup> - значение ускорения свободного падения,

H – напор воды верхнего бьефа.

По результатам проведенных исследований вышеописанного шлюза-водомера экспериментальное значение коэффициента расхода  $\mu$  находилось в пределах от 0,9 до 0,92. При этом значение относительных открытий щита a/H составило 0,115 до 0,3, а диапазон изменения расходов воды составил 51,9–100,5 л/сек.

Анализ результатов, полученных в процессе проведения экспериментальных исследований выбранного типоразмера шлюза-водомера в реальных производственных условиях, и охваченных проведенными опытами показывает, что численное значение его коэффициента расхода колеблется в пределах  $\pm 1,0\%$  (следовательно, и степень его стабильности) при изменении расхода воды на 51,6 % (т.е. более, чем в два раза). Как известно, диапазон измеряемых расходов воды большинства водомерных сооружений для открытых водотоков составляет не более 4–х (для одного размера).

Это для водомерных сооружений открытых водотоков неплохой результат, особенно, если учесть, что при этом будет обеспечена надежность этих измерений. В дальнейшем намечено проведение экспериментальных исследований большего типоразмера шлюза-водомера, чем исследованного.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Хамадов И.Б. , Бутырин М.В. Эксплуатационная гидрометрия в ирригации. - М., 1975.
2. Хамадов И.Б. и др. Краткие технические характеристики средств учета и распределения воды для автоматизированных оросительных систем. - Ташкент, 1975.
3. Штеренлихт Д.В. Гидравлика. - М., 1984.
4. Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. П.Г. Киселева. - М., 1972.

УДК 631.6

## МИРЗАЧЎЛ ШАРОИТИДА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИК ЭКИНЛАРИНИ ЕТИШТИРИШДА СУВТЕЖОВЧИ ВА РЕСУРСТЕЖОВЧИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРНИ ЯНГИ КОМПЛЕКСИНИ ЖОРИЙ ЭТИШ

*Р. Рахимов, А. Утаев*  
(ТИМИ қошидаги ИСМИТИ)

Мақолада Мирзачўл шароитида эгатлаб сугориш технологияларини ерларнинг лазер ускунаси ёрдамида текислаш, эгатларга перфорация қилинган қора полиэтилен плёнка тўшаб сугориш, кўчма йиғиладиган полиэтилен сугориш новларини ва эгилувчан полиэтилен қувурлар ёрдамида ўқ ариқ ўрнига сув узатиш сугориш услублари ҳамда тупроққа кам ишлов бериш, экинларни экиш ҳамда гуза билан биргаликда дуккакли экинларни етиштириш ресурстежовчи технологиялари бўйича янги технологиялар яхлит мажмуа қилиб жорий қилинди.

*In the paper in condition Mirzachul under the complex approach the interconnected introductions of following new water and resource-saving technologies - designing with use of laser installation, irrigation through a furrow on shielded the black punched film irrigating water from PPL - 50, exchange irrigation canal, are besides used seeders for thread furrows for the combined crops of a cotton with green gram, minimum processing of soils.*

*В статье описан комплексный подход и взаимосвязанное внедрение новых водо- и ресурсосберегающих технологий в условиях Голодной степи*

## **КИРИШ**

Эгатлаб суғориш технологияларини ерларнинг лазер ускунаси ёрдамида текислаш, эгатларга перфорация қилинган қора полиэтилен плёнка тўшаб суғориш, кўчма йиғиладиган полиэтилен суғориш новларини ва эгилувчан полиэтилен қувурлар ёрдамида ўқ ариқ ўрнига қўллаб суғориш услубларини такомиллаштириш бўйича ишланмалар мавжуддир. Тупроққа кам ишлов бериш, экинларни экиш ҳамда ғўза билан биргаликда дуккакли экинларни етиштириш ресурстежовчи технологиялари бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган. Лекин ҳар бир кўрсатилган технологиялар бўйича тавсиялар алоҳида-алоҳида кўриб чиқилган.

Мазкур мақолада биринчи марта кўрсатиб ўтилган янги технологиялар яхлит мажмуа қилиб жорий қилинди.

### **Тадқиқот объекти ва услуби.**

Сирдарё ва Жиззах вилоятларидан танлаб олинган фермер хўжаликлари. Дала шароитида янги технологиялар комплексини жорий этиш ва самарасини мониторингини ўтказиш.

### **Тадқиқот натижалари.**

Сирдарё ва Жиззах вилоятларининг 7 та фермер хўжаликларининг танланган 18 га майдонлари лазер ускунаси ёрдамида текисланди (1-расм).

Сувтежовчи ва ресурстежовчи янги технологияларнинг мажмуаси (лазер ускунаси ёрдамида ер текислаш, пушта олиб аниқ экадиган сеялка ёрдамида ғўза билан бирга мошни биргаликда экиш, қатор оралатиб перфорация қилинган қора полиэтилен плёнкалар тўшаб суғориш, КСН-50 ва КОПО орқали сув етказиш) 4 га майдонда жорий қилинди (2, 4-расмлар). Натижада суғориш меъёри анъанавий усулга нисбатан 36-47 фоизга камайди, суғориш сувининг маҳсулдорлиги 3,6 марта ошди (1-жадвал).

Лазер ускунаси билан текисланган бир гектар майдонда ресурстежовчи, пушта олиб аниқ экадиган сеялкада кузги буғдой экилиб, КСН-50 ва КОПО ёрдамида суғориш ишлари амалга оширилди (5-расм). Натижада анъанавий усулда суғоришга нисбатан 790 м<sup>3</sup>/га сув иқтисод қилинди, суғориш сувининг маҳсулдорлиги 1,5 марта ошди(2-жадвал)..

Пахтакор туманидаги “Эсонбой ота” фермер хўжалигида лазер ускунаси ёрдамида текисланган 1 га майдонга ғўза билан биргаликда экилган мошни қатор ораларини қора полиэтилен плёнка билан мулчалаб, кўчма полиэтилен новлар ёрдамида суғориш ишлари олиб борилди (3.1.1-расм). 1.05.2013 й да ғўзанинг “Пахтакор-1” ва мошнинг “Дурдона” навлари экилди. Иккала далада 20.06.2013 да анъанавий суғорилган далада 900 м<sup>3</sup>/га ва жорий қилинаётган янги технологияда 580 м<sup>3</sup>/га меъёрда, 16.07.2013 да 1100 м<sup>3</sup>/га, 500 м<sup>3</sup>/га, 06.08.2013 йилда 1000 м<sup>3</sup>/га, 650 м<sup>3</sup>/га, жами суғоришлар меъёри анъанавий суғорилган далада 3000 м<sup>3</sup>/га, жорий қилинаётган янги технологияда 1600 м<sup>3</sup>/га ни ташкил қилди. Суғориш техникаси ФИК 0,60 дан 0,81 га ошди. Натижада суғориш меъёри далада 47 фоизга камайди (1-жадвал).



*1 расм - ТТЗ-80.10 тракторига ўрнатилган лазер ускунаси ёрдамида кичик ер текислагич билан ер текислаш жараёни*

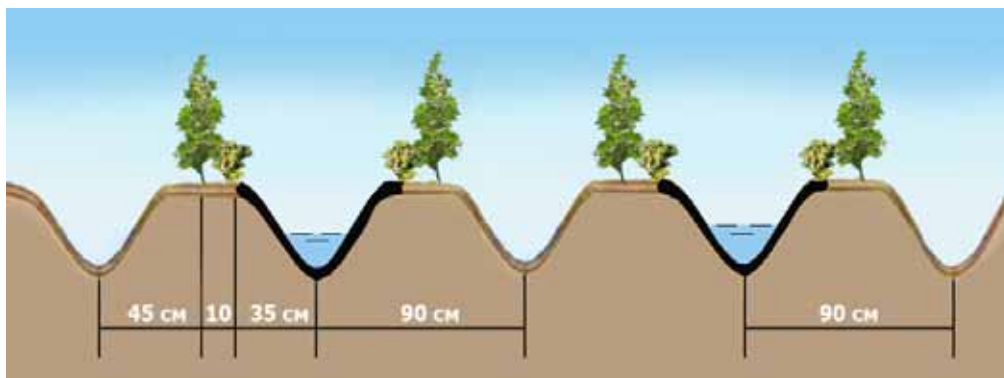




2 расм - “Эсонбой ота” фермер хўжалиги даласида 01.05.2013. да пуштага экадиган сеялкада пахта билан мошни биргаликда экиш

Ресурстежовчи ва сувтежовчи технологиялар комплекси жорий қилинганда кузги буғдой ва ғўза билан биргаликда дуккакли дон экинларини етиштиришдаги, ҳозирги даврдаги сотиб олиш нархлари ҳисобланган, иқтисодий самарадорлиги 2-жадвалда келтирилган. Бунга кўра пахта билан мошни биргаликда етиштириш натижасида сувнинг маҳсулдорлиги 3,6 маротаба ошди. Бундан ташқари биргаликда ғўза билан мошни экиш ҳисобига тупроқнинг унумдорлиги ошишига замин яратилди.

Ўза ва мошни пуштага бирга экиб етиштириш схемаси 3-расмда кўрсатилган.



3 Расм - Ўза ва мошни пуштага бирга экиб етиштириш схемаси



4 расм - Сугориш эгатларини мулчаб пуштада пахта билан биргаликда мош етиштириш



5 расм - Кузги буғдойни пуштага экиб КСН-50 ва эгилувчан полиэтилен қувурларидан фойдаланиб сугориш жараёни

1 жадвал - Пахтакор туманидаги "Эсонбой ота" фермер хўжалиги даласида 1 га майдонга пахта билан биргаликда экилган мошни суғориш режими элементлари ва комплекс суғориш технологияси, 2013 йил

Суғориш усули	Эгат узунлиги	Тажриба даласининг ўртача нишаблиги	Эгатга берилаётган сув сарфи, л/сек	Суғориш меъёри, м <sup>3</sup> /га			Мавсумий суғориш меъёри, брутто м <sup>3</sup> /га	Инъфилтрация, м <sup>3</sup> /га	Ташлама, м <sup>3</sup> /га	Мавсумий суғориш меъёри, нетто м <sup>3</sup> /га	Суғориш Ф И К
				1-суғориш, 20.06	2-суғориш, 16.07	3-суғориш 06.08					
Қора полиэтилен плёнка тўшалган эгатларга ППЛ-50 ва КОПО ёрдамида суғориш	200	0,00075	0,32	400	550	650	<b>1600</b>	224	80	1296	<u>0,81</u>
Анъанавий суғориш усули	200	0,00075	0,36	900	1100	1000	<b>3000</b>	730	470	1800	<u>0,60</u>

2 жадвал - Пахтакор туманидаги "УЯС" фермер хўжалиги даласида экилган кузги бугдойнинг суғориш режими элементлари ва комплекс суғориш технологияси, 2013 йил

Суғориш усули	Эгат узунлиги	Тажриба даласининг ўртача нишаблиги	Эгатга берилаётган сув сарфи, л/сек	Суғориш меъёри, м <sup>3</sup> /га			Мавсумий суғориш меъёри, брутто м <sup>3</sup> /га	Инъфилтрация м <sup>3</sup> /га	Ташлама, м <sup>3</sup> /га	Мавсумий суғориш меъёри, нетто м <sup>3</sup> /га	Суғориш Ф И К
				1-суғориш, 08.10.2012	2-суғориш, 05.03.2013	3-суғориш 08.05.2013					
ППЛ-50 ва КОПО ёрдамида суғориш	150	0,00075	0,32	1220	1080	1100	3400	476	170	2754	0,81
Анъанавий суғориш усули	150	0,00075	0,36	1650	1240	1300	4190	1005	630	2555	0,60



3 жадвал - Сувтежовчи, комплекс ёндашган технологияларни (лазер ускунаси ёрдамида ер текислаш, катор оралатиб қора перфорация қилинган полиэтилен плёнкалар тўшаш, ҳамда кузги бугдойни ҳам суғоришда ўқ ариқ ўрнига КСН-50 ва КОПО ёрдамида сув узатиш), ресурстежовчи – пушта олиб аниқ экадиган сеялка, ғўза билан биргаликда экилган мошни жорий қилиш натижаси (2013 йил)

Суғориш усули	Ҳосилдорлик, ц/га	Мавсумий суғориш меъёри, брутто м <sup>3</sup> /га	1 кг ҳосил етиштириш учун кетган сув микдори, кг/м <sup>3</sup>	Сувдан фойдаланиш маҳсулдорлиги	Маҳсулот бирлигининг баҳоси, минг сўм	Даромад, минг сўм	Сувнинг маҳсулдорлиги, сўм/м <sup>3</sup>
Лазер ускунаси ёрдамида текисланган майдонда қора полиэтилен плёнка тўшалган эгатларга ППЛ-50 ва КОПО ёрдамида суғориш	<b>Пахта</b>						
	48,2	<b>1600</b>	1,18	1,64	917,502	4422,360	
	<b>Мош</b>						
	13,1				2000	2620,000	4395
Анъанавий суғориш усули	39,5	<b>3000</b>	0,72	-	917,502	3624,133	1208
Лазер ускунаси ёрдамида текисланган майдонда Кузги бугдойни КСН-50 ва эгилувчан полиэтилен кувурларидан фойдаланиб суғориш	<b>Кузги бугдой</b>						
	50,55	<b>3400</b>	1,63	1,66	390	1971,45	580
	Анъанавий суғориш усули	41,69	<b>4190</b>	0,99	-	390	1625,91

## Хулоса

Комплекс ёндашган ҳолда 4 га майдонда ресурстежовчи ва сувтежовчи технологиялар жорий қилинган - ғўза билан биргаликда дуккакли дон экинларини экилган, ҳамда қатор ораларига перфорацияланган қора полиэтилен плёнка ётқизилган; ўқ ариқ ўрнига КСН-50 кўчма полиэтилен новлари қўлланилиб, плёнка ётқизилган эгатларга сув бериш, шу билан бирга КСН-50 га ўз навбатида полиэтилен плёнкадан бўлган эгилувчан қувурлар ёрдамида участкага тақсимловчи каналдан сув олиб узатилганлиги натижасида суғориш меъёри далада 36-47 фоизга камайди. Бундан ташқари биргаликда ғўза билан мошни экиш ҳисобига тупроқнинг унумдорлиги ошишига замин яратилди, натижада суғориш сувининг маҳсулдорлиги экинларни сотиб олиш нархлари бўйича 3,6 мартаба ошди.

Лазер ускунаси ёрдамида текисланган майдондан 9 га майдонга Хиндистоннинг пушта олиб, аниқ экадиган ресурстежовчи сеялкасида кузги буғдой экилди ва кўчма полиэтилен новларда суғориш ишлари олиб борилди. Кузги буғдойни сувтежовчи комплекс ёндашган технологиялар қўлланганда 790 м<sup>3</sup>/га сувни иқтисод қилишга эришилди. Суғориш сувининг маҳсулдорлиги эса 1,5 баробар ошди(3-жадвал).

## АДАБИЁТЛАР:

1. Ахмеджанов М.А. Эксплуатационная планировка орошаемых земель в аридной зоне. – М.: Колос, 1982.
2. Базаров Р.Х. Проектирование поверхности планируемых участков под наклонную плоскость с увязкой ее к горизонту воды оросителя // Труды ТИИИМСХ. - Ташкент, 1979. - Вып. 105. - С. 25-32.
3. Бастеев Г.Н., Рахимов Р.Р., Садиев У.А. Эксплуатационная планировка с использованием системы лазерного наведения в фермерских хозяйствах // Матер. научно-практ. конф. «Развитие фермерских хозяйств» (23 февраля, 2009 г.). - Ташкент, 2009.
4. Икрамов Р.К., Бастеев Г.Н., Рахимов Р.Р. Опыт новой технологии эксплуатационной планировки в мелких фермерских хозяйствах с применением лазерной установки // Матер. Респ. научно-практ. конф. «Роль молодежи в развитии научных исследований для водного хозяйства и мелиорации земель» (23 декабря, 2008 г.). - Ташкент, 2008.
5. Наркулов У., Безбородов Г.А. др. Ресурсосберегающая технология возделывания хлопчатника в совмещенных посевах с зернобобовыми культурами / УзНИИХ. - 2011.

УДК 502.654

## К ВОПРОСУ ОХРАНЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ТРАНСГРАНИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ УЗБЕКИСТАНА

*У.А. Садыкова, А.К. Мусаева, И.А. Усманов, Г.А. Ходжаева  
(НИИИВП при ТИИМ)*

*Мақолада муаллифлар томонидан Амударё, Кашкадарё, Шерободдарё, Сурхандарё, Заравшан дарёлари, КМК, Аму-Бухара, Аму-Занг каналлари, Куймазар ва Талимаржон сув омборлари бўйича сув таъминоти манбаларидаги сувнинг сифати бўйича маълумотлар келтирилган.*

*Ўрганилган сув объектларнинг сувини ифлослашиш даражаси ўртача деб белгиланган.*

*The authors give information about the quality of water supply sources of Amu Darya river basin: information is about Kashkadarya, Sherabaddarya, Surkhandarya, Zarafshan rivers, Amu-Bukhara, Amu-Zang, KMK canals, Kuymazar and Tolimarjon reservoirs.*

*It's established that the degree of water pollution in studied water bodies are moderately polluted.*

*В статье приведены сведения по качеству воды источников водоснабжения бассейна Амударьи: рек Кашкадарья, Шерабадарья, Сурхандарья, Зеравшан, каналов Аму-Бухара, Аму-Занг, КМК, Куймазарского и Талимарджанского водохранилищ.*

*Установлено, что по степени загрязнения воды изученные водные объекты являются умеренно-загрязненными.*

Промышленное и питьевое водоснабжение Навоийской, Кашкадарьинской, Сурхандарьинской, Бухарской областей и Приаралья, как известно, осуществляется из рек Зерафшан, Кашкадарья, Сурхандарья, Шерабадарья, Талимарджанского и Куюмазарского водохранилищ, Каршинского (КМК) и Аму-Бухарского машинного канала (АБМК) и других поверхностных водоёмов, имеющих питание из Амударьи. Снижение объёмов подачи воды приведёт не только к сбою работы водозаборных сооружений, систем промышленного и централизованного водоснабжения, но и к нарушению функционирования подачи питьевой воды по напорным трубопроводам.

Вместе с тем, из-за снижения объёмов речного стока значительно возрастёт антропогенная и техногенная нагрузка загрязнённых сточных вод на водные объекты, снизится самоочищающая способность речной воды и, в связи с этим, резко увеличатся уровни промышленного и биологического загрязнения водных объектов. Снизится надёжность и безопасность систем водоснабжения. Такое положение приведёт к резкому ухудшению условий промышленного, питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования ряда регионов Узбекистана, распространению и увеличению инфекционной и неинфекционной заболеваемости в республике. Резко возрастёт социальная напряжённость и угроза для здоровья населения.

Необдуманные решения по строительству и эксплуатации крупных гидротехнических сооружений в бассейне Амударьи могут привести к глобальной экологической катастрофе, которая будет прогрессивно развиваться во всех республиках Центральной Азии и, в первую очередь, в Узбекистане. Поэтому проблема использования воды из трансграничной реки Амударья становится всё более острой в Центральноазиатском регионе и затрагивает жизненно важные интересы всех стран и, особенно, Республики Узбекистан.

В связи с вышеизложенным, в Лаборатории гидроэкологии и охраны водных ресурсов НИИИВП с 2012 года выполняется научно-исследовательская работа по ГНТП А7-ФА-1-15518 «Разработка научно-методических основ устойчивого водообеспечения Республики Узбекистан в условиях обострения водохозяйственной обстановки на трансграничной реке Амударье» Блок 3 «Формирование надёжного и безопасного хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения Узбекистана».

Главные водные артерии республик бассейна Амударьи стали практически непригодными для организации питьевого водоснабжения из-за отсутствия систематических попусков пресной воды и сброса промывных вод с орошаемых земель с повышенной минерализацией, загрязнённых пестицидами и минеральными удобрениями. Большинству рек бассейна Амударьи в их среднем и нижнем течении присуща повышенная минерализация воды 1-1,5 г/л в среднем течении и до 2 г/л и более в нижнем течении.

Реки бассейна Аральского моря практически все являются трансграничными водотоками. В бассейн реки Амударья входят реки Сурхандарья, Шерабад, Кашкадарья, Заравшан. Из них только Кашкадарья и Шерабад полностью расположены на территории Узбекистана.

Качество воды Амударьи формируется в значительной степени под влиянием загрязнений, поступающих с территории Туркменистана и Узбекистана. В створе теснины Туямун (граница с Туркменистаном) отмечается увеличение концентраций по нефтепродуктам, азоту аммонийному, минерализации, содержанию металлов и пестицидов.

Сток реки Сурхандарья формируется на территории Таджикистана. Состав воды реки на территории республики обусловлен сбросами сточных вод промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод городов Денау, Термез, Шурчи. Река Заравшан наиболее подвержена трансграничному влиянию. В зоне формирования стока реки расположены объекты Горно-обогатительного комбината Республики Таджикистан, которые загрязняют реку токсичными металлами, сурьмой, ртутью. Река Заравшан до Амударьи не доходит, так как сток полностью разбирается на орошение.

Ухудшение качества воды водных объектов привело к тому, что во многих регионах питьевая вода не отвечает гигиеническим требованиям. Около половины населения республики вынуждено использовать недоброкачественную питьевую воду. К неблагоприятным регионам в настоящее время относится территория Хорезмской, Навоийской, Кашкадарьинской, Сурхандарьинской, Бухарской областей и Республики Каракалпакстан.

Проблема охраны водных объектов, обеспечения промышленным и хозяйственно-питьевым водоснабжением трансграничных территорий Узбекистана из-за резкого уменьшения стока Амударьи в связи со строительством Рагунской ГЭС является одной из самых острых проблем современного общества.

В этой связи возникает необходимость проведения специальных научных исследований по изучению закономерностей формирования качества воды водных объектов бассейна Амударьи и разработки комплекса мероприятий по обеспечению надёжности и безопасности питьевого водоснабжения населения южных регионов республики.

Актуальность исследований по данному блоку программы подтверждена Постановлением Кабинета Министров РУз «О программе водосбережения и рационального использования водных ресурсов в Республике Узбекистан на период до 2020 года» (№ 218 от 4 мая 2007 г.) и Распоряжением Кабинета Министров РУз «Разработать стратегию комплексного развития и модернизации систем водоснабжения Республики Узбекистан на период до 2020 года» (№ 05/70 от 21.05.2010 г.).

По результатам исследований будут разработаны рекомендации по эффективной работе систем централизованного водоснабжения, оптимизации качества питьевой воды и охране водоисточников, необходимых в практике работы Госсанэпиднадзора, Госкомприроды, Минводхоза РУз и Горводоканалов.

Целью Блока 3 на 2013 год является исследование и установление закономерностей формирования качества воды рек бассейна Амударьи и разработка рекомендаций по охране водных объектов для обеспечения надежного и безопасного промышленного и хозяйственно-питьевого водопользования в республике. Для достижения поставленной цели необходимо было решить нижеследующие задачи:

- установление закономерностей формирования качества воды реки Кашкадарья и Талимарджанского водохранилища – источников водоснабжения Кашкадарьинской области на основе собственных тестовых лабораторных анализов;

- установление закономерностей формирования качества воды реки Зеравшан и Куюмазарского водохранилища – источников водоснабжения Навоийской и Бухарской областей на основе собственных тестовых лабораторных анализов;

- установление закономерностей формирования качества воды реки Сурхандарья - источника водоснабжения Сурхандарьинской области на основе собственных тестовых лабораторных анализов;

- исследование, на основе собственных лабораторных анализов, качества воды новой трассы самотёчного канала из реки Амударья и возможности использования их для хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения.

В организации и проведении мониторинга поверхностных вод, используемых для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования населения, наиболее эффективным является бассейновый подход. Их количественные и качественные характеристики определяются целой совокупностью природных и антропогенных факторов [2, 6].

Выявить взаимосвязи между изменением качества воды водных объектов и составом сбрасываемых сточных вод возможно только при анализе и исследовании закономерностей поступления антропогенного и техногенного загрязнения [3, 4]. При этом важно установить, что антропогенное воздействие на водоёмы складывается из блока промышленных предприятий, хозяйственно-бытовых сточных вод, а также микробного загрязнения воды в зонах рекреации [1, 5].

Исследованиями установлены закономерности формирования качества воды рек бассейна Амударьи: Кашкадарья, Зеравшан, Сурхандарья, Шерабадарья, Талимарджанского, Куюмазарского водохранилищ, Каршинского магистрального и Аму-Бухарского машинного каналов.

Органолептические показатели реки Кашкадарья (цветность, запах, привкус) на всем протяжении соответствуют предъявляемым требованиям. Дефицит растворенного кислорода по величинам БПК возрастает ниже по течению реки и достигает максимального уровня в нижнем течении. Аналогичная динамика установлена по содержанию в воде сульфатов и хлоридов.

В верхнем течении реки Кашкадарья показатели общей минерализации реки не выходили за пределы гигиенических требований и находились на уровне 630-690 мг/л. В среднем течении их концентрации возросли до 710-760, а в нижнем течении до 950-1110 мг/л (ПДК 1500 мг/л).

Аналогичная закономерность формирования качества речной воды установлена по показателю общей жесткости. Вместе с этим концентрации фтора в воде во всех створах наблюдения были ниже установленных нормативных значений и составляли от 0,4 до 0,7 мг/л при норме 0,7 мг/л.

Индекс лактозаположительных кишечных палочек (БГКП) в воде в 2,3-2,9 и 3,2-3,9 раз превышает установленный норматив для источников водоснабжения в створах № 2 и № 3 наблюдения, соответственно. Количество кишечных палочек (*E. Coli*) в воде реки Кашкадарья имеет значительные колебания с минимальными значениями их в створах реки в верхнем течении, не принимающих хозяйственно-бытовые сточные воды. При этом установлено, что по мере продвижения воды микробное загрязнение воды по количеству кишечных палочек увеличивается. Так, если в верхнем течении кишечные палочки не обнаруживаются, то в среднем течении их количество составляет уже 1300-1600 м.т. в 1 литре воды, а в нижнем течении - 2300-2900 м.т./л при норме 1000 м.т./л. воды. Наиболее высокие показатели бактериального загрязнения воды установлены в летний период времени, когда температура воды значительно повышается и создаются оптимальные условия для устойчивой жизнеспособности в речной воде микроорганизмов кишечной группы. При этом, по мере продвижения воды, антропогенная нагрузка на водоём возрастает за счет прибавления по ходу движения воды сбрасываемых хозяйственно-бытовых сточных вод населенных пунктов.

Установлено, что вода Талимарджанского водохранилища по химическим и органолептическим показателям соответствует предъявляемым требованиям. Вместе с тем концентрации фтора составляют 0,32-0,35 мг/л при норме 0,7 мг/л.

Однако, в 2013 году по сравнению с 2012 годом бактериологические показатели качества воды водохранилища незначительно (10-20 %) снизились, а уровни загрязнения питьевой воды бактериями группы кишечной палочки (коли-индекс) в распределительных сетях снизились в 7-8 раз и соответствуют предъявляемым требованиям.

Качество воды КМК соответствует экологическим требованиям, предъявляемым к водным объектам 2 класса «Водные объекты, не используемые для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения». Концентрации тяжелых металлов, органолептические и бактериологические показатели: рН, общая минерализация, общая жесткость, сульфаты, хлориды, коли-индекс не выходят за пределы нормативных требований. При этом существенной разницы в качестве воды в зависимости от участка КМК не установлено.

Закономерности формирования качества воды реки Зеравшан характеризуются тем, что имеется прямая зависимость между составом сбрасываемых коллекторно-дренажных, хозяйственно-бытовых и промышленных стоков и качеством речной воды. В верхнем течении («Раватходжа» - на границе с Таджикистаном) качество воды по органолептическим и химическим показателям соответствует предъявляемым требованиям. Однако имеет место микробное загрязнение воды (до 5 ПДК).

По мере продвижения воды и увеличением в бассейне реки различных источников загрязнения отмечается ухудшение качества воды по органолептическим, химическим и бактериологическим показателям. При этом установлено, что имеется тенденция ухудшения качества воды реки Зеравшан в летний сезон года по сравнению с зимним и весенним периодами исследований.

Установлено, что пик уровня загрязнения реки Зеравшан приходится на участок после сбросов промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод предприятия «Навоиазот», которое специализируется на производстве минеральных удобрений, используемых в сельском хозяйстве. В этом створе реки Зеравшан значительно ухудшаются органолептические показатели: цветность до 87-96<sup>0</sup> (ПДК 30<sup>0</sup>), запах до 2,8-2,9 балла (ПДК 2,0), общая минерализация 1360-1380 мг/л (ПДК 1000 мг/л), общая жесткость 8,2-8,9 мг-экв/л (ПДК 7 мг-экв/л). Биохимическое потребление кислорода в 3-4 раза превышает допустимый уровень. Отмечаются повышенные концентрации нитритов, нитратов и фенолов.

Уровни микробного загрязнения в нижнем течении также значительно возрастают по сравнению с верхним течением реки: индекс кишечной палочки в верхнем течении 5,2-5,9 раз превышает допустимые значения, а в нижнем течении этот показатель увеличивается до 7,9-8,3 раз. В верхнем течении реки Зеравшан кишечные палочки обнаруживаются в количестве 3700-4100, а в воде реки после сбросов стоков предприятия «Навоиазот» – 4600-5300 в 1 литре воды. Аналогичная динамика установлена для энтерококков. При этом, установлена выраженная сезонная динамика ухудшения качества воды реки по бактериологическим показателям с максимумом микробного загрязнения в летний период времени.

Закономерности формирования качества воды Куюмазарского водохранилища характеризуются тем, что органолептические показатели соответствуют предъявляемым требованиям и не превышают установленных норм. Состав воды водохранилища по

бактериологическим показателям, содержанию микроэлементов и токсических соединений также соответствует гигиеническим требованиям

Исследованиями качества воды АБМК установлено несоответствие качества воды по показателям общей жесткости, БПК, окисляемости. Общая жесткость воды в различные периоды года АБМК составляла 9,1-9,7 мг-экв/л (норма 7,0 мг-экв/л). Показатели БПК и окисляемости, соответственно, в 1,5-2 раза превышали установленные для них допустимые уровни. Сезонная динамика показателей качества воды АБМК не установлена.

Закономерности формирования качества воды реки Сурхандарья характеризуются тем, что в верховье реки вода относительно чистая и соответствует предъявляемым требованиям. Однако в нижнем течении качество воды реки не отвечает требованиям по количеству растворенного в воде кислорода (БПК), общей жесткости, минерализации и коли-индексу.

Качество воды реки Шерабаддарья на всем протяжении может использоваться для питьевого водоснабжения и культурно-бытовых нужд населения.

Результаты тестовых исследований качества воды из трассы и пересекающих водотоков показали, что химические и бактериологические показатели в целом соответствуют предъявляемым гигиеническим требованиям. Вместе с тем установлено незначительное повышение показателей индекса кишечных бактерий в Сурхандарье и Амударье, что потребует обязательного хлорирования воды.

#### **Выводы:**

1. Установлены закономерности формирования качества воды реки Кашкадарья, характеризующиеся тем, что лишь в нижнем течении микробиологические показатели качества воды превышают нормативный уровень. Пик бактериального загрязнения по коли-индексу и наличию в воде кишечных палочек приходится на летний период времени.

2. Установлено, что вода Талимарджанского водохранилища по химическим, органолептическим и бактериологическим показателям соответствует предъявляемым требованиям.

3. По изученным органолептическим, токсикологическим, микробиологическим и химическим показателям качество воды КМК не выходит за пределы допустимых значений. При этом зависимости показателей качества воды от сезона года и расположения участка канала не установлено.

4. Установлены закономерности формирования качества воды реки Зеравшан в трех створах наблюдения по сезонам года. В верхнем течении качество воды соответствует предъявляемым требованиям. Ниже по течению отмечается тенденция ухудшения качества воды, а максимальные уровни загрязнения речной воды выявлены на участке сбросов промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод «Навоиазот». При этом максимум загрязнения воды приходится на летний период года.

5. Качество воды Куюмазарского водохранилища по химическим, органолептическим и бактериологическим показателям соответствует предъявляемым требованиям и может использоваться для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения населения города Бухары и культурно-бытового водопользования.

6. Закономерности формирования качества воды реки Сурхандарья характеризуются тем, что отмечается сезонная динамика ухудшения качества воды с максимумом значений в летний период времени по БПК, минерализации и коли-индексу. Качество воды реки Шерабаддарья на всем протяжении отвечает экологическим требованиям

7. Результаты тестовых исследований качества воды из предлагаемой новой трассы и пересекающих водотоков показали, что химические и бактериологические показатели в целом соответствуют предъявляемым экологическим требованиям. Вместе с тем установлено незначительное повышение показателей индекса кишечных бактерий в Кашкадарье, Сурхандарье и Амударье, что потребует обязательного хлорирования воды перед её использованием для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

#### *ЛИТЕРАТУРА:*

1. Антипанова Н.А., Кошкина В.С., Котляр Н.Н., Тахтина К.Н. Суммарные оценки качества питьевой воды в условиях крупного центра черной металлургии Южного Урала // 7-ой Международный конгресс «Вода: Экология и технология». - М., 2006. - С. 953-954.

2. Вильдяев В.М., Лагунов О.Ю. Бассейновый подход в картировании медико-экологических рисков, связанных с качеством питьевой воды // 7-ой Международный конгресс «Вода: Экология и технология». - М., 2006. - С. 910.

3. Калашников И.А., Куличенко О.А. Водоснабжение из поверхностных водоёмов – потенциальная угроза здоровью водопользователей // 7-ой Международный конгресс «Вода: Экология и технология». - М., 2006. - С. 916-917.

4. Талаева Ю.Г. Оценка надежности бактериологических показателей при контроле качества питьевой воды. - М., 2006. – 23 с.

5. Чембарисов Э.И., Хожамуратова Р.Т. Практическая гидроэкология. - Нукус, 2012. – 84 с.

УДК 532.5:621.65

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА В ГИДРОТАРАНЕ

*Б.К. Салиев, Д.С. Худайкулов, С.Р. Хасанов  
(НИИИВП при ТИИМ)*

*Мақолада мавжуд гидротаран қурулмаларининг изланишлари натижалари ва гидравлик зарбадан ежудга келадиган босимни сув хайдовчи тизимида тақсимланишининг гидравлик кўрсаткичларини аниқлаш услуги ёритилган.*

*In clause{article} process of hydraulic impact is considered{examined} at movement of the hydraulic liquid acting from the pump in the hydroallocator, on the channel and the filling up delivery channel. The analytical formula for definition of speed of distribution of a shock wave is resulted.*

*В статье обобщены результаты исследований существующих гидротаранных установок и освещена методика определения гидравлических параметров распределения воды на нагнетательную систему при воздействии гидравлического удара.*

### *Введение*

В водном хозяйстве с древних времен использовались различные установки для подъема воды на высоту, например Архимедов винт, чигири и др. приспособления и устройства.

С развитием техники водоподъема, гидравлики, насосных установок наиболее выгодными оказались гидравлические таранные установки. За последние годы в области теории и конструкции этих установок достигнуты значительные успехи, но этого оказывается еще недостаточно для их совершенствования. В СНГ промышленностью были выпущены гидравлические тараны ТГ-1, ТГ-2, ЕрПи, УИЖ-К и др., но в связи с развитием насосного оборудования, эти установки не нашли широкого применения. Работа всех существующих конструкций гидротаранных установок основана на явлении гидравлического удара [1], [2]. Эти насосы не требуют энергозатрат, изготавливаются просто и очень эффективно для эксплуатации. В настоящей работе поставлена цель осветить основные данные и изменение гидравлических параметров при возникновении гидравлического удара.

### *Методика и объекты исследований*

Вода под высоким давлением при гидравлическом ударе воздействует на клапаны, стенку подающей трубы, внутренний канал корпуса, и к концу начальной фазы вся масса жидкости внезапно останавливается.

Гидравлический таран состоит из: источника питания (бассейна) (1), питающей трубы (2), корпуса (3), обратного клапана (4), отбойного (ударного) клапана (5), воздушного колпака (6), нагнетательного узла (7) и нагнетательного трубопровода (8), с помощью которого соединяется с приемным резервуаром (9) [7] (рис. 1).



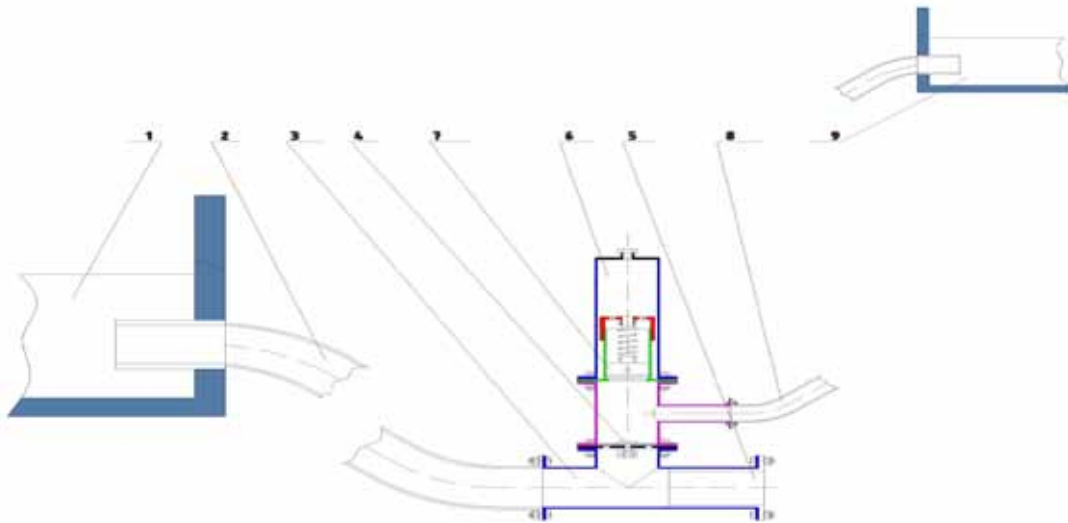


Рис. 1 - Схема работы гидротаранной установки, общий вид

Ударный (отбойный) клапан имеет шарик, который плотно закрывается в гнездо, что создает явление гидравлического удара. Инжекторное отверстие служит для автоматического открытия шарика после гидравлического удара [7]. В отличие от известных установок, ударный клапан, состоящий из различных конструктивных элементов и деталей, подсоединяется к сливной части корпуса тарана. Нагнетательный клапан, состоящий из дисковой пластины с калиброванными отверстиями, перекрытой сверху резиной толщиной 6-9 мм, устанавливается под воздушным колпаком. Он соединяется с корпусом и служит для односторонней подачи воды к воздушному колпаку. Учитывая, что это самая уязвимая часть, нагнетательный клапан можно заменить на гильзу с обратным поршнем.

#### Результаты исследований

Пусть скорость течения в нагнетательном канале (трубе) равна  $\mathcal{G}$  [4]. Напишем уравнение импульсов для массы жидкости, находящейся в нагнетательном канале (трубе) на участке  $l$  от насоса до поршня, в проекциях на ось движения (пренебрегая сопротивлениями)

$$m(\mathcal{G}_{\text{кон}} - \mathcal{G}_{\text{нач}}) = P \Delta t,$$

где: масса  $m = \rho \omega l$ ; конечная скорость  $\mathcal{G}_{\text{кон}} = 0$ , начальная скорость  $\mathcal{G}_{\text{кон}} = \mathcal{G}_{\text{нач}}$ ;

$P$  - сила давления, складывается из сил до удара и после гидроудара.

Результирующая сила:

$$P = P_1 - P_2 = p\omega - (p + \Delta p)\omega = -\omega \Delta p$$

Время первой фазы:

$$\Delta t = \frac{l}{c},$$

где  $c$  - скорость распространения гидравлического удара;  $l$  — длина трубы. Итак, получим:

$$-\rho \omega l \mathcal{G} = -\omega \Delta p \frac{l}{c}$$

Откуда можно получить основную формулу Н.Е. Жуковского:

$$\Delta p = \rho \mathcal{G} c, \quad (1)$$

Для практического использования формулы находим скорость  $c$ . Определим ее сначала для случая, когда упругостью стенок трубы можно пренебречь. Воспользуемся уравнением кинетической энергии:

$$\frac{m(g^2_{\text{кон}} - g^2)}{2} = \int_0^{\Delta l} P dl, \quad (2)$$

Левая часть равенства определяется:

$$\frac{m(g^2_{\text{кон}} - g^2)}{2} = \frac{\rho \omega l (0 - g^2)}{2} = -\rho \omega l \frac{g^2}{2},$$

правая часть -  $\int_0^{\Delta l} P dl$  - выражает работу внешних сил, действующих на массу  $m$ . В данном случае имеем две силы: силу давления со стороны поршня (силу  $Pl$ ), работа которой  $A_1=0$  (т.к. перемещение поршня  $dl=0$ , и силу давления  $P_2$  на площадку у входного нагнетательного канала. Эта сила изменяется от нуля до  $\Delta p \omega$ , и ее работа  $A_1 = \frac{\Delta p \omega \Delta l}{2}$ , (работа на пути  $m$  - пути сжатия цилиндрической массы жидкости в цилиндре) (рис. 2).

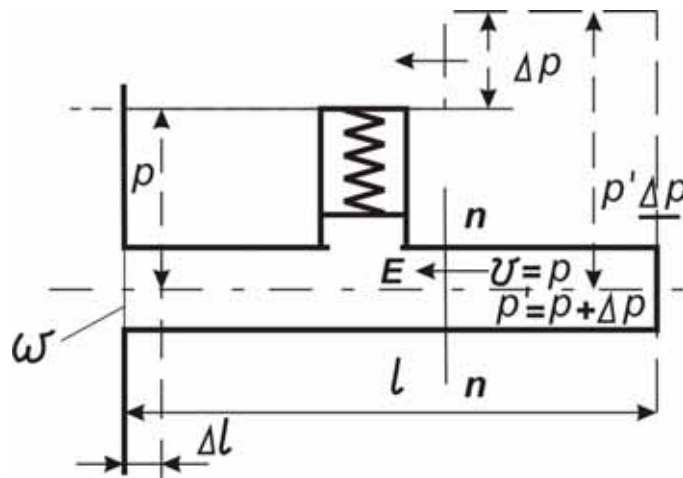


Рис. 2 - Определение скорости и давление в сечении гидротарана

Дополнительная энергия возникающая после гидравлического удара будет равна,

$$\int_0^{\Delta l} P dl = \frac{\Delta p \omega \Delta l}{2},$$

Результирующее уравнение сохранения энергии записываем как равенство:

$$-\frac{\rho \omega l c^2}{2} = \frac{\Delta p \omega \Delta l}{2},$$

Откуда:

$$\Delta p = -\rho g^2 \frac{l}{\Delta l} = \frac{\rho g^2}{-(\Delta l/l)}, \quad (3)$$

где  $\frac{\Delta l}{l}$  - относительное сжатие жидкости. По закону Гука при сжатии:

$$-\frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta p}{K},$$

где  $K$  - модуль упругости тела (в данном случае, модуль упругости жидкости).

Сделав подстановку в (1), получим предыдущее равенство (3) в следующем виде:

$$\Delta p = \frac{\rho g^2}{-(\Delta l/l)} = \frac{\rho g^2}{\Delta p/K} = \frac{\rho g^2 K}{\Delta p},$$

Откуда

$$\Delta p^2 = \rho g^2 K$$

Или

$$\Delta p = g \sqrt{\rho K}, \quad (4)$$

Сопоставляя (2) и (4), получаем

$$\rho g c = g \sqrt{\rho K},$$

и, следовательно, скорость распространения гидравлического удара (ударной волны) равна:

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}}, \quad (5)$$

Заметим, что скорость звука определяется по аналогичной формуле и, следовательно, скорость ударной волны равна скорости звука.

Для гидравлических жидкостей модуль упругости  $K = 19,62 \cdot 10^8$  Па, а плотность  $\rho = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , поэтому скорость распространения ударной волны:

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}} = \sqrt{\frac{19,62 \cdot 10^8}{900}} = 1476,48231 \frac{\text{м}}{\text{сек}},$$

Теперь можно определить  $\Delta p$  по формуле (2):

$$\Delta p = \rho g c = \rho g \sqrt{\frac{K}{\rho}},$$

или, разделив на  $\rho g$ , получим в метрах:

$$\frac{\Delta p}{\rho g} = \frac{g c}{g}$$

Обсуждение результатов исследований

Следовательно, для гидравлических жидкостей плотность  $\rho = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , и  $c = 1476,48231 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$ ,

тогда  $\Delta p = 91,3 \cdot 10^6 \text{ Па}$ . [5] Если учесть упругость материала стенок трубы, то скорость распространения ударной волны будет меньшей. Это объясняется тем, что при увеличении внутреннего давления в трубе (вследствие гидравлического удара) стенки трубы растягиваются и площадь поперечного сечения увеличивается на  $\Delta \omega$  [6] и поэтому на участке длиной  $l$  внутренний объем трубы увеличивается на  $\Delta \omega \cdot l$  (рис. 3).

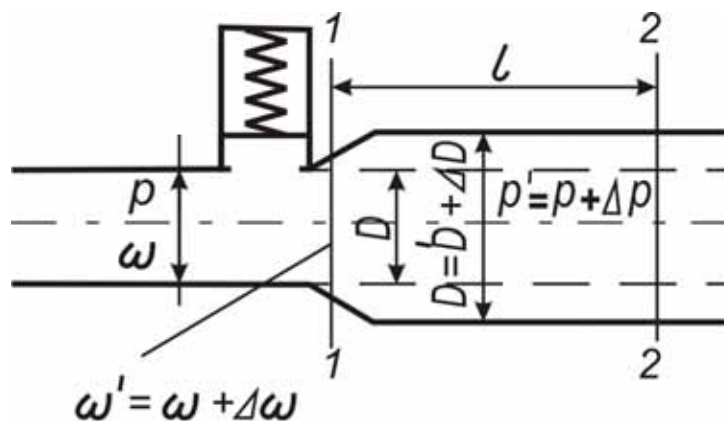


Рис. 3 - Изменение сечение трубы (корпуса) при гидравлическом ударе

Это пространство заполняется жидкостью, и кажущееся значение сжатия увеличивается, а наблюдаемый модуль упругости  $K_0$  уменьшается, следовательно, и скорость ударной волны уменьшится до значения

$$c = \sqrt{\frac{K_0}{\rho}} \quad (6)$$

Где:  $K_0$  - модуль упругости. Для вычисления модуля упругости используем формулу Кортвега:

$$\frac{1}{K_0} = \frac{1}{K} + \frac{D}{\delta \varepsilon} \quad (7)$$

Откуда

$$K_0 = \frac{K}{1 + \left(\frac{K}{\varepsilon}\right)\left(\frac{D}{\delta}\right)}$$

Здесь,  $K$ - модуль упругости данной жидкости;  $D$ , и  $d$ , соответственно, диаметр нагнетательного канала (трубы), модуль упругости материала стенок трубы -  $\varepsilon$  и  $\delta$  - толщина стенок. [3] Сделав подстановку в (7), получим формулу для скорости распространения гидравлического удара:

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho\left(1 + \frac{K D}{\varepsilon \delta}\right)}} = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{K D}{\varepsilon \delta}}} \quad (8)$$

Или при

$$\sqrt{\frac{K}{\rho}} \approx 1476,48231 \frac{м}{сек}$$

$$c = \frac{1476,48231}{\sqrt{1 + \frac{K D}{\varepsilon \delta}}}$$

Далее, находим формулу для ударного давления  $\Delta p$  :

$$\Delta p = \rho g c = \frac{1476,48231 \rho g}{\sqrt{1 + \frac{K D}{\varepsilon \delta}}} \quad (9)$$

Для гидрораспределителя [3]

$$\left(\frac{K}{\varepsilon} = 0,1\right), \frac{D}{\delta} = 1750$$

Тогда:

$$\Delta p = \frac{1476,48231 \rho g}{\sqrt{1 + 0,1 \cdot 1750}} \approx 111 \rho g$$

В частности, если  $g = 2 \frac{м}{сек}$  и  $\rho = 900 \frac{кг}{м^3}$ , то скорость ударной волны  $c = 111 \frac{м}{сек}$ , ударное давление  $\Delta p = 1,5 \cdot 10^5 Па$ .  $\Delta p = 150 КПа$ .

*Заключение*

Таким образом, сила гидравлического удара, происходящего в нагнетательном узле, т.е. в гидрораспределителе тарана, повышается за счет энергии ударной волны и дает пятикратное увеличение давления воды.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Аронович Г.В. Гидравлический удар и уравнильные резервуары. - М.: Наука, 1968. – 248 с.
2. Овсепян В.М. Гидравлический таран и таранные установки. - М.: Машиностроение, 1968. - 123 с.
3. Киселев П.Г. Гидравлика и основы механики жидкости. - М.: Энергия, 1980. – 360 с.
4. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. – М.: Наука, 1987. - 464 с.
5. Хамидов А.А., Худайкулов С.И. Теория струй многофазных вязких жидкостей. – Ташкент: Фан, 2003.
6. Хамидов И.А. Уравнение Бернулли для неустановившегося движения смеси вязких жидкостей // ДАН РУз. – 2007. - № 3. – С. 24– 26.
7. Салиев Б.К. Шарикли гидротаран. Сб. научных трудов. респ. науч.-практ. конф. «Повышение эффективности, надёжности и безопасности гидротехнических сооружений» / ТИИМ. - Ташкент, 2012. – С. 369–372.
8. Салиев Б.К. Гидравлический таран // Расмий ахборотнома ЎРИМК. – 2012. - № 11(139). - Б. 27.

УДК 532.542:626.83

### ВОПРОСЫ ГИДРОАККУМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В ТАЛИМАРДЖАНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

*Б.У. Уришев, К.С. Джуроев, Р.Х. Бейтуллаева, Э.К. Мамадиёров  
(ТИИМ)*

*Мақолада Талимаржон сув омборида электр энергиясини шлаб чиқариш ва сақлаш масалалари ва 7 – насос станциясида олиб борилган тажрибавий тадқиқотлар натижалари келтирилади.*

*В статье анализируются возможности аккумулирования и производства электроэнергии в Талимарджанском водохранилище, приводятся результаты натурных исследований, проведенных на насосной станции № 7.*

Неравномерность графиков производства и потребления электрической энергии в энергетической зоне расположения Каршинского магистрального канала требует применения более гибкой системы управления производством и распределением энергии. Достижение эффективности перераспределения произведенной энергии во времени возможно лишь путем применения аккумулирующих систем, позволяющих накопить излишки энергии в периоды минимальной нагрузки электроэнергетической системы и отдавать их в периоды прохождения пиковых нагрузок. Из всех известных аккумулирующих систем наиболее эффективна система аккумулирования гидравлической энергии [1].

Аккумулирование гидравлической энергии водотоков осуществляется в водоёмах, позволяющих на определенное время хранить аккумулируемые объёмы воды с тем, чтобы эти объёмы можно было использовать для выработки электрической энергии. Накопление необходимого количества воды в верхнем водоёме и получение из неё электрической энергии осуществляется гидроаккумулирующими электрическими станциями (ГАЭС).

Гидроаккумулирующие электрические станции относятся к особому типу гидроэнергетических установок, которые используются в следующих режимах работы энергетических систем:

- а) в периоды снижения нагрузки в энергетической системе ГАЭС аккумулирует водную энергию в верхнем бассейне, работая в насосном режиме;
- б) в период пиковой нагрузки в энергетической системе агрегаты ГАЭС переводятся в турбинный режим для выработки электрической энергии;
- в) ГАЭС можно использовать для стабилизации частоты тока и покрытия аварийной нагрузки в системе.

Высокая маневренность гидроагрегатного оборудования ГАЭС позволяет использовать их и в других режимах:

- для покрытия самой неравномерной нагрузки, работая в режиме многократных пусков–остановок. Такие нагрузки, как правило, имеют случайный характер и их практически трудно прогнозировать, поэтому наличие ГАЭС с высокоманевренным оборудованием позволяет оперативно реагировать на изменение нагрузки;

- для недельного регулирования нагрузки в энергетической системе, при этом ГАЭС в выходные дни будет работать в насосном режиме, аккумулируя энергию, а в генераторном режиме использует эту энергию для плавного перехода маломаневренных тепловых электростанций в режим нагрузки в рабочие дни;

- во многих водохранилищах существует возможность использовать ГАЭС для сезонной выработки электроэнергии.

Использование ГАЭС в выше перечисленных режимах улучшает условия функционирования энергетических систем, повышает надежность и эффективность базисных электрических станций, что характеризуются следующими показателями: увеличивается срок службы теплоэнергетического оборудования на 15-20 %, сокращаются затраты на текущий и капитальный ремонт примерно на 20 %, сокращается простой оборудования при аварийном, текущем и капитальном ремонте на 20-30 % [2].

Помимо вышеприведенных преимуществ ГАЭС могут иметь, так называемый, топливный эффект, который достигается за счет разности расходов топлива в периоды аккумуляции энергии и генерирования пиковой мощности. В периоды пониженной нагрузки ГАЭС заряжается при удельном расходе условного топлива базисными электростанциями  $G_n = 0,25-0,27$  кг/ (кВт·ч). В генерирующем режиме ГАЭС заменяет нагрузки теплоэнергетических установок в пиковых режимах с удельным расходом условного топлива –  $G_r = 0,5$  кг/ (кВт·ч). Если КПД ГАЭС принимать  $\eta = 0,70-0,75$ , то удельная экономия топлива  $\Delta G = (G_r - G_n)/\eta$  составляет 0,1-0,14 кг/ (кВт·ч) [2].

ГАЭС можно использовать для обеспечения сглаживания непродолжительных колебаний нагрузки, которые по амплитуде составляет 0,5-1,0 % от максимальной нагрузки системы, по продолжительности несколько десятков минут. При этом число пусков–остановок агрегатов ГАЭС может достигнуть 2000–2500 в течение года. Если на один пуск агрегата газотурбинной установки мощностью 100 МВт расходуется 3,5 т.у.т., то при этом получаемая экономия топлива увеличивается до (0,18-0,20) кг/ (кВт·ч).

Очевидная эффективность использования ГАЭС в энергетических системах и отсутствие более эффективных установок для получения пиковой мощности послужили основанием для активного их строительства, в основном, в развитых странах. Сегодня количество ГАЭС достигло более 300, их суммарная мощность превысила 100 млн кВт.

Такую возможность, т.е. работать в режиме аккумуляции и производства электроэнергии, имеет Талимарджанское водохранилище.

Талимарджанское водохранилище расположено на юго-западной части Кашкадарьинской области и предназначено для регулирования стока Каршинского магистрального канала. Полезный объем водохранилища 1,5 млрд м<sup>3</sup>. В состав сооружений Талимарджанского водохранилища входят земляные плотины № 1 и № 2, насосная станция № 7, водовыпускное сооружение, обводной канал и дренажная насосная станция (рис. 1).

Высота земляной плотины № 1 составляет 35 м, а длина – 9745 метров. Земляная плотина № 2 перекрывает пониженную часть водохранилища, и имеет размеры: высота – 37 м, длина – 1000 метров. В основании плотины устроено водовыпускное сооружение с 5 водопропускными отверстиями размерами 4х5 метров. Пропускная способность сооружения – 360 м<sup>3</sup>/с. Перепад уровней воды в сооружении составляет 25–26 метров.

Насосная станция № 7 работает шесть месяцев в году, а вода в остальное время года будет полностью проходить по обводному каналу с максимальной пропускной способностью 195 м<sup>3</sup>/с. Имеющиеся возможности и благоприятные условия в районе Талимарджанского водохранилища способствуют созданию комплекса с гидроэнергетическими установками суточного и сезонного регулирования. В состав предлагаемого гидроэнергокомплекса будет входить: ГЭС на водовыпускном сооружении, Талимарджанское водохранилище, приплотинная ГАЭС суточного и сезонного регулирования в составе насосной станции № 7.

В качестве нижнего водоема можно использовать подводящий канал насосной станции № 7 и грунтовые карьеры, которые образовались после выемки грунта при возведении плотины № 1. В настоящее время в этих карьерах сосредоточена часть фильтрационных вод, вытекающих из Талимарджанского водохранилища. При необходимости после соответствующей реконструкции

сооружений и оборудования насосную станцию № 7 можно использовать в качестве суточной и сезонной ГАЭС. В результате строительства этого гидроэнергокомплекса будет возможность выработать электроэнергию не менее 50000 МВт ч в год.

На насосной станции № 7 установлены центробежные насосы 2400 ВР–25/25 и 1600 В–10/40 с общей суммарной мощностью 64,8 МВт и подачей 142 м<sup>3</sup>/с.

Отличительной особенностью насосов 2400 ВР–25/25 является то, что они имеют регулируемые направляющие лопатки, установленные в конусе всасывающей трубы.



Рис. 1 - Схема Талимарджанского водохранилища

Наличие регулируемых направляющих аппаратов у насосных агрегатов станции заметно упрощает регулирование их мощности в турбинном режиме.

Возможности работы насосной станции № 7 в турбинном режиме нами исследованы путем проведения натурных экспериментов. В частности, были измерены частота вращения вала и величина гидродинамических нагрузок в выбранном характерном створе проточной части насоса при вращении ротора в обратном направлении. Как известно, характерными створами проточной части насосных агрегатов, где наблюдаются наибольшие гидродинамические нагрузки, являются створ под рабочим колесом и створы в напорном патрубке и трубопроводе [3]. Под рабочим колесом наибольшие величины пульсации давления наблюдаются при остановках насосов, т.е. при обратном вращении ротора. Исходя из этого, нами был выбран створ под рабочим колесом, ниже направляющего аппарата.

Анализ результатов исследований показал, что на 10 секунде после отключения электродвигателя режим противотока сменяется турбинным режимом и в это время интенсивность пульсации давления в выбранном створе (рис. 2) равна  $2A/H_p = 0,26$  ( $2A$  – двойная амплитуда колебания гидродинамического давления,  $H_p$  – расчетный напор насосной станции).

Через 22 секунды после потери привода частота вращения вала насоса принимает величину  $n = 1,05 \cdot n_0$  (в разгонном режиме) и при этом интенсивность пульсации давления достигает значения  $2A/H_p = 0,40$ .

С целью снижения интенсивности пульсации давления в указанном створе при обратном вращении насоса на 50 секунде после отключения электродвигателя был осуществлен разворот направляющего аппарата от первоначального угла на 30°. При этом, в соответствии с эксплуатационной характеристикой, разворот направляющего аппарата приводит к уменьшению расхода пропускаемой воды на 12 %. Анализ результатов измерений показал, что при развороте направляющего аппарата наблюдается снижение интенсивности пульсации давления на 20 % от ее максимального значения (рис. 2).



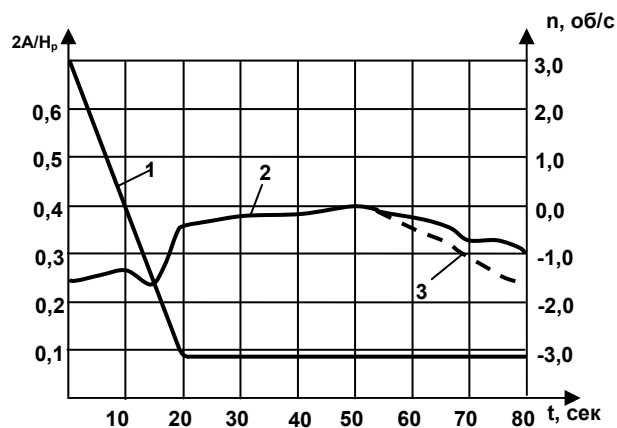


Рис. 2 - Интенсивность пульсации давления при остановке насосного агрегата 2400 ВР-25/25  
 1 – изменение частоты вращения вала насоса; 2 – интенсивность пульсации давления под рабочим колесом насоса; 3 - интенсивность пульсации давления под рабочим колесом насоса при регулировании направляющего аппарата

Все эти измеренные значения по нормативам гидродинамических и вибрационных, в том числе по нормам VDI, [4] позволяют судить о том, что в турбинном режиме инерционные и гидродинамические свойства насоса 2400 ВР-25/25 не превышают допустимых величин и эти данные могут служить основанием для выполнения работ по технико-экономическому обоснованию гидроэнергокомплекса на базе Талимарджанского водохранилища.

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Васильев Ю.С., Елистратов В.В., Мухаммадиев М.М., Претро Г.А. Возобновляемые источники энергии и гидроаккумулирование. - СПб, 1996. – 103 с.
2. Васильев Ю.С., Претро Г.А. Гидроаккумулирующие электростанции. – Л., 1984. – 76 с.
3. Карелин В.Я., Новодережкин Р.А. Насосные станции гидротехнических систем с осевыми и диагональными насосами. – М.: Энергия, 1980. – 228 с.
4. Киселев И.И., Герман А.Л., Лебедев Л.М., Васильев В.В. Крупные осевые и центробежные насосы. Справочное пособие. - М.: Машиностроение, 1977. – 184 с.

УДК 628.218

**ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ВЛАГИ В ВЕРХНИХ СЛОЯХ ЗОНЫ АЭРАЦИИ ПРИ КОЛЕБАНИЯХ УРОВНЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

*М.М. Утемуратов, Х. Дурдиев, Р.А. Эрманов  
 (НИИИВП при ТИИМ)*

При изменении уровня подземных вод происходит сложный процесс переформирования режима влагопереноса. При снижении или повышении уровня с постоянной скоростью в зоне аэрации при условии ее достаточной мощности формируется определенный профиль влажности, соответствующий скорости влагопереноса. При снижении уровня профиль влажности будет вытягиваться, стремясь к равновесному состоянию, обеспечивающему постоянный расход воды. При подъеме уровня равновесное состояние характеризуется сжатым профилем влажности. Для формирования равновесного профиля даже при равномерном изменении уровня требуется длительное время. В связи с этим, коэффициент водоотдачи или недостатка насыщения, определяемый экспериментальным путем, в начале процесса значительно меньше коэффициента водоемкости породы. Со временем он возрастает, стремясь к постоянной величине.

Анализ изменения коэффициента водоотдачи при изменении уровня позволяет выделять текущий коэффициент водоотдачи и предельный коэффициент водоотдачи, определяемый суммарным количеством воды, прошедшей через свободную поверхность, отнесенным к изменению уровня [2]

$$\mu_k = \frac{1}{\Delta h} \int_h^{h+\Delta h} \theta dz \quad (1)$$

Из многочисленных экспериментальных данных многих авторов, в частности, результаты натурных исследований, полученные в рамках фундаментального проекта ФА-Ф5-Т125, следует, что коэффициент водоотдачи существенно зависит от скорости снижения уровня. Для анализа этого процесса представили капиллярную зону в виде набора капилляров. Для каждого капилляра характерны высота капиллярного поднятия  $\psi_i$  и коэффициент фильтрации  $\kappa_i$ , определяемые в зависимости от функций  $\psi(\theta)$  и  $\kappa(\theta)$ . Сечение каждого капилляра определяет его элементарную емкость  $\Delta\theta$ . Динамика изменения уровня подземных вод и влаги в каждом капилляре, а также коэффициент водоотдачи можно определить соотношением, установленным в рамках проекта ФА-Ф5-Т125:

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

где:  $\mu$  - коэффициент водоотдачи,  $\theta_m$  - полная влажность грунта (под свободной поверхностью грунтовых вод),  $L_1$  - мощность зоны аэрации,  $L$  - мощность водоносного пласта,  $\varphi$  - средняя высота всасывания.

В работах В.М. Шестакова коэффициенты водоотдачи  $\mu_i$  и предельной водоотдачи  $\mu_{\kappa i}$  для каждого капилляра определяются следующими формулами [1]:

$$\mu_i = \frac{\Delta\theta}{u} \frac{d\bar{h}}{d\tau_0} \quad (3)$$

$$\mu_{\kappa i} = \frac{1-\bar{h}}{u\tau_0} \Delta\theta \quad (4)$$

А полные значения водоотдачи  $\mu$  и  $\mu_{\kappa}$  определяются далее суммированием

$$\mu = \sum_1^n \mu_i \quad \text{и} \quad \mu_{\kappa} = \sum_1^n \mu_{\kappa i} \quad (5)$$

где:  $n$  - количество капилляров. Заметим, что  $\Delta\theta = \theta_m - \theta_0$  соответствует водоёмкости породы  $\mu_0$ .

Расчет по формулам (3) и (4) показывает, что для различных значений  $\bar{u}$  динамика  $\mu_i$  и  $\mu_{\kappa i}$  может быть описана экспоненциальной функцией [1, 2]:

$$\mu_i = \frac{\Delta\theta}{u} \gamma \exp(\gamma\tau_0) \quad (6)$$

$$\mu_{\kappa i} = \frac{1 - \exp(\gamma\tau_0)}{u\tau_0} \Delta\theta \quad (7)$$

Учитывая, что закон изменения элементарной водоотдачи одинаков для различных скоростей снижения уровня, коэффициент водоотдачи можно определить по формулам (5), либо решением зависимости, полученной в [3, 4]:

$$\mu = \frac{\Delta_0(W_2|_{\bar{z}+d\bar{z}} - W_1|_{\bar{z}})}{\exp(-\gamma\tau)} \left\{ \frac{2}{Pe(1+\sqrt{D})} \left[ \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2}\hat{\varphi}\right) - \exp(\lambda\hat{\varphi}) \right] * \right. \\ \left. * \left( \exp\left(\frac{Pe(1+\sqrt{D})}{2}L\right) - \exp\left(\frac{Pe(1+\sqrt{D})}{2}\hat{L}_1\right) \right) + \frac{2}{Pe(1-\sqrt{D})} \left[ \exp(\lambda\hat{\varphi}) - \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2}\hat{\varphi}\right) \right] * \right. \\ \left. \left( \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2}L\right) - \exp\left(\frac{Pe(1-\sqrt{D})}{2}\hat{L}_1\right) \right) \right\}^{-1} \quad (8)$$

где:  $W_1|_{\bar{z}}$  (размерность- $[\frac{метр}{сут}]$ ) - притока влаги через единицу поперечного сечения грунта за единицу времени;  $W_2|_{\bar{z}+d\bar{z}}$  (размерность- $[\frac{метр}{сут}]$ )- отток из элементарного объема водоносного пласта мощностью  $L$ .

Для анализа зависимости (5) и (8) произвели численные реализации, а затем полученные результаты численных экспериментов сопоставили с данными натуральных исследований. Результаты численных и натуральных экспериментов представлены на графике (рис. 1).

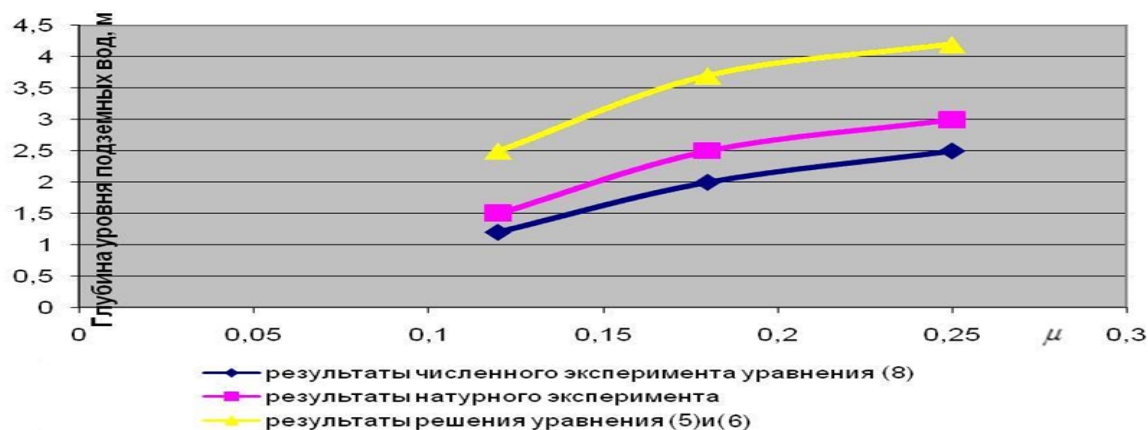


Рис. 1 - Сопоставление результатов численных и натуральных экспериментов

Как видно, процесс изменения водоотдачи во времени весьма и весьма длительный.

При длительных и монотонных процессах, когда темп изменения уровня остается постоянным, коэффициенты водоотдачи или насыщения можно считать равными соответствующим коэффициентам емкости. К таким процессам можно отнести: подъем уровня при орошении, если исходная его глубина была достаточно большой; подпор прибрежных территорий в районе каналов и водохранилищ; длительное водопонижение в связи с эксплуатацией подземных вод.

Как следует из уравнения (8), коэффициент водоотдачи или насыщения зависит от положения свободной поверхности подземных вод относительно поверхности земли. Особенно эта зависимость начинает проявляться при глубине залегания уровня порядка  $3H_k$ .

Моделирование подъема уровня в суглинках ( $\theta_m = 0,45$ ,  $\theta_0 = 0,2$ ,  $\kappa = 2 \cdot 10^{-2} \frac{м}{сут}$ ,  $H_k = 1м$ ) подтвердило это положение. При подъеме уровня со скоростью 0,5, 1 и 1,5 м/мес коэффициент насыщения зависел не только от скорости подъема уровня, сколько от положения его относительно дневной поверхности. Зависимость коэффициентов насыщения и водоотдачи от глубины уровня подземных вод рассмотрена в ряде работ. А в нашем случае получены следующие данные. При глубине уровня 3 м  $\mu = 0,25$ , при глубине 2,5 м  $\mu = 0,18$ , при глубине 1,5 м  $\mu = 0,12$ . Надо отметить, что зарубежными и отечественными исследователями получены зависимости для текущего и предельного коэффициентов водоотдачи из предпосылки неизменности профиля

влажности над уровнем подземных вод. Следует отметить, что на эту зависимость влияет не только характер связи между высотой всасывания и влажностью, но и процессы, которые происходят в зоне аэрации. В частности, при поступлении в нее воды или при испарении зависимость коэффициентов насыщения или водоотдачи будет различна.

Эти особенности можно учесть, считая в первом приближении зависимость влажности от высоты всасывания линейной величины, а коэффициент влагопереноса постоянным и равным коэффициенту фильтрации. Для этой модели коэффициент водоотдачи или насыщения определяется по уравнению (8).

**Вывод:** Решена задача вертикального изменения коэффициента водоотдачи в гидроморфных средах, обусловленного колебанием уровня подземных вод. Сопоставлены результаты численных экспериментов, полученные авторами, с результатами других авторов, а также с натурными исследованиями.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Шестаков В.М., Пашковский И.С., Сойфер А.М. Гидрогеологические исследования на орошаемых территориях. – М.: Недра, 1982.
2. Влияние влажности на фрактальные свойства почвенных коллоидов / Федотов Г.Н., Третьяков Ю.Д., Иванов В.К. и др. // ДАН. – 2006. - Т. 409, № 2. - С. 199-201.
3. Махмудов И.Э. Гидравлическая модель конвективного влаго-солепереноса в грунтах при орошении сельхозкультур // Проблемы механики. – 2012. - № 1. - С. 33-36.
4. 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 532.5

## РАСЧЁТЫ ВОЗМУЩЕНИЯ И ОСАЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ ДИСПЕРСНОЙ СМЕСИ В ВОДОЁМАХ

*С.И. Худайкулов, Ф.А. Ганпаров, Ж.Ж. Нарзиев, Д.Г. Ахмеджанов  
(НИИИВП при ТИИМ, ТИИМ)*

*Дисперс аралашмадаги майда заррачаларнинг тебраниши ва чукиши конунияти аралашма концентрацияси узгаришига боғлиқ равишда куп фазали узаро киришувчан ва узаро таъсирланувчан модель, яъни Х.А. Рахматуллина модели оркали урганилади...*

*The process were disturbance dispersive of mixes in one-dimensional statement is considered (examined) at the expense of forces of weight and interaction of particles, in model multiphase of environments (Wednesdays) H.A. Rahmatulin.*

*Рассматривается процесс возмущения и осаждения дисперсных смесей в одномерной постановке за счет сил тяжести и взаимодействия частиц, в модели многофазных взаимопроникающих сред Х.А. Рахматуллина.*

Как известно, вопрос осаждения наносов являются одной из основных проблем современной гидравлики. Исследования характера оседающих или поднимающихся частиц вязкой жидкости имеют большое значение для установления закономерности движения многокомпонентной дисперсной смеси. В исследовании движения дисперсной смеси важное значение имеет учет массопереноса при взаимодействии и взаимопроникновении фаз жидкости. Теория движения многокомпонентных сред позволяет учитывать основные аспекты взаимодействия фаз с несущей средой (например, вязкая жидкость). В настоящей статье рассматривается осаждение частиц жидкости в одномерной постановке за счет сил тяжести и взаимодействия частиц, в модели многофазных взаимопроникающих сред Х.А. Рахматуллина [3]. Предполагается, что над земной поверхностью расположен слой вязкой жидкости с различными примесями, который моделируются как задача об осаждении солей и мелких наносов в широких водоёмах. Уравнение вертикальных движений частиц в вязкой жидкости имеет вид:

$$\begin{aligned}\rho_{1i}\left(\frac{\partial w_1}{\partial t} + w_1 \frac{\partial w_1}{\partial z}\right) &= -\rho_{1i}g - \frac{\partial P}{\partial z} - \frac{k}{f_1}(w_1 - w_2) + \frac{\mu_1}{f_1} \frac{\partial}{\partial z}\left(f_1 \frac{\partial w_1}{\partial z}\right) \\ \rho_{2i}\left(\frac{\partial w_2}{\partial t} + w_2 \frac{\partial w_2}{\partial z}\right) &= -\rho_{2i}g - \frac{\partial P}{\partial z} - \frac{k}{f_2}(w_2 - w_1) + \frac{\mu_2}{f_2} \frac{\partial}{\partial z}\left(f_2 \frac{\partial w_2}{\partial z}\right)\end{aligned}\quad (1)$$

А уравнение неразрывности напишем следующим образом:

$$\begin{aligned}\frac{\partial f_1}{\partial t} + \frac{\partial(f_1 w_1)}{\partial z} &= 0 \\ \frac{\partial f_2}{\partial t} + \frac{\partial(f_2 w_2)}{\partial z} &= 0\end{aligned}\quad (2)$$

Из теории многофазных сред известно, что объёмные концентрации обеих фаз удовлетворяют условию:

$$f_1 + f_2 = 1 \quad (3)$$

где  $w_1, w_2$  - вертикальные скорости частиц жидкости и примеси,  $\rho_n, \rho_{ni}, f_n$  - приведенные, истинные плотности и концентрации фаз;  $u_n, w_n$  - горизонтальные и вертикальные составляющие скоростей фаз;

Уравнения (1) и (2) написаны для несжимаемой двухфазной жидкости (т.е.  $\rho_{ni} = const$ ). Для решения задачи имеем следующие начальные [2] [3]:

$$\begin{aligned}w_2(\xi, 0) &= w_H \psi_1(\xi) \\ f_2(\xi, 0) &= f_{20} \psi_1(\xi)\end{aligned}\quad (4)$$

и граничные условия:

$$\begin{aligned}w_1(0, \tau) &= 0; \quad f_2(0, \tau) = \begin{cases} f_{20} \phi(\tau), & 0 < \xi < 1 \\ 0, & 1 < \xi < \infty \end{cases} \\ w_2(H_0, \tau) &= 0; \quad f_2(H_0, \tau) = 0\end{aligned}\quad (5)$$

где  $\xi = \frac{z}{H}$ ,  $\tau = t \sqrt{\frac{g}{H_0}}$ . Учитывая уравнение неразрывности, будем иметь равенство:

$$\frac{\partial(f_1 w_1 + f_2 w_2)}{\partial z} = 0$$

откуда находим:

$$f_1 w_1 + f_2 w_2 = f_{10} w_{01} + f_{20} w_{20} \quad (6)$$

Зависимость между скоростями обеих слоев имеют вид:

$$w_1 = \frac{1}{1-f_2} [f_{10} w_{01} + f_{20} w_{20} - f_2 w_2] \quad (7)$$

Тогда уравнения (1) и (2) преобразуются, и имеют вид:

$$\begin{aligned}\rho_{2i}\left(\frac{\partial w_2}{\partial t} + w_2 \frac{\partial w_2}{\partial z}\right) &= -\frac{\partial P}{\partial z} - \frac{k}{f_2}\left(\frac{w_2}{1-f_2}\right) + \frac{\mu_2}{f_2} \frac{\partial}{\partial z}\left(f_2 \frac{\partial w_2}{\partial z}\right) \\ \rho_{1i}\left[\frac{\partial}{\partial t}\left(-\frac{f_2 w_2}{1-f_2}, \frac{f_{20} w_{20}}{1-f_2}\right)\right] + \frac{f_{10} w_{01} + f_{20} w_{20} - f_2 w_2}{1-f_2} \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{f_{10} w_{01} + f_{20} w_{20} - f_2 w_2}{1-f_2}\right) &= \\ = -\rho_{1i}g - \frac{\partial P}{\partial z} - \frac{k}{f_1}\left(w_2 - \frac{f_2}{1-f_2} w_2\right) + \frac{\mu_1}{f_1} \frac{\partial}{\partial z}\left[f_1 \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{f_{10} w_{01} + f_{20} w_{20} - f_2 w_2}{1-f_2}\right)\right]\end{aligned}\quad (8)$$

Учитывая граничные и начальные условия (4) и (5) примем, что  $w_{10} = 0, w_{20} = 0$ . При  $t = 0$  скорости частиц фаз будут равны нулю, т.е:

$$w_1(z,0) = 0, w_2(z,0) = 0 \text{ т.е. } w_{10} = 0, w_{20} = 0$$

Учитывая эти условия, из системы уравнений (8) исключим давление, путем вычитания второго уравнения из первого. И получим уравнение для определения концентрации  $f_2(z,t)$  и скорости осаждения частиц  $w_2(z,t)$  в виде:

$$\begin{aligned} \frac{\partial w_2}{\partial t} + \mathfrak{f} \frac{\partial}{\partial t} \left[ \frac{f_2}{1-f_2} w_2 \right] + w_2 \frac{\partial w_2}{\partial z} - \mathfrak{f} \frac{f_2}{1-f_2} w_2 \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{f_2 w_2}{1-f_2} \right) = g(1-\mathfrak{f}) + \\ + \frac{\mu_2}{f_2 \rho_{2i}} \frac{\partial}{\partial z} \left( f_2 \frac{\partial w_2}{\partial z} \right) + \frac{\mu_1}{f_2(1-f_2) \rho_{2i} \mathfrak{f}} \frac{\partial}{\partial z} \left[ (1-f_2) \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{f_2 w_2}{1-f_2} \right) \right] - \frac{k w_2}{f_2(1-f_2)^2 \rho_{2i}} \end{aligned} \quad (9)$$

уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial f_2}{\partial t} + \frac{\partial f_2 w_2}{\partial z} = 0$$

Таким образом, получили два уравнения для искомых концентраций  $f_2(z,t)$  и скорости осаждения примеси в жидкости. При интенсивном переносе большого количества солей следует учитывать взаимное влияние несущей среды и несомых частиц (солей и соленосных примесей).

Рассмотрим задачу о распространении дисперсных частиц в модели многофазных взаимопроникающих сред. Расчёты показывают, что при концентрации  $f_2 \geq 0,15$  несущей фазы необходимо учесть наличие другой фазы [5] [6].

В качестве примера рассмотрим одномерную задачу. Предположим, что имеется поток двух вязких жидкостей с различными скоростями и концентрациями над плоской поверхностью. Когда каждая фаза несжимаема и отсутствует фазовое превращение, уравнения движения, уравнения неразрывности и зависимости концентрации фаз имеют такой вид:

$$\left\{ \begin{aligned} \rho_{ni} \left[ f_n \frac{\partial u_n}{\partial t} + f_n u_n \frac{\partial u_n}{\partial x} + f_n w_n \frac{\partial u_n}{\partial z} \right] &= -f_n \frac{\partial P}{\partial x} + \mu_n \frac{\partial}{\partial x} \left( f_n \frac{\partial u_n}{\partial x} \right) + \\ &+ \mu_n \frac{\partial}{\partial z} \left( f_n \frac{\partial u_n}{\partial z} \right) - k(u_n - u_p); \\ \rho_{ni} \left[ f_n \frac{\partial w_n}{\partial t} + f_n u_n \frac{\partial w_n}{\partial x} + f_n w_n \frac{\partial w_n}{\partial z} \right] &= -f_n \frac{\partial P}{\partial z} + \mu_n \frac{\partial}{\partial x} \left( f_n \frac{\partial w_n}{\partial x} \right) + \\ &+ \mu_n \frac{\partial}{\partial z} \left( f_n \frac{\partial w_n}{\partial z} \right) - \rho_{ni} g - k(w_n - w_p) \end{aligned} \right. \quad (10)$$

$k$  - коэффициент взаимодействия фаз.

Предположим, что в процессе распространения примесей происходят малые изменения скоростей и концентрации второй фазы, тогда среды имеют малые возмущения (пульсации):

$$u_2 = u_{20} + u'_2; \quad w_2 = w_{20} + w'_2; \quad f_2 = f_{20} + f'_2; \quad f_{10} + f_{20} = 1 \quad (11)$$

Тогда, исключая градиент давления из системы уравнений (1) и учитывая малость возмущений  $u'_2, w'_2$  и  $f'_2$ , а также введя безразмерные переменные  $u'_2 = u_{20} \mathfrak{k}_2$ ,  $w'_2 = u_{20} \mathfrak{w}_2$ ;  $t = \frac{L}{u_{20}} \tau$ , получим следующую систему уравнений для скорости и концентрации второй фазы – соли или соленосных примесей, в виде[1] [2] [3]:

$$a \frac{\partial \mathfrak{k}_2}{\partial \tau} + b \frac{\partial \mathfrak{k}_2}{\partial \mathfrak{x}} + b \frac{w_{20}}{u_{20}} \frac{\partial \mathfrak{k}_2}{\partial \mathfrak{z}} = c_2 \nabla^2 \mathfrak{k}_2 - k_0 \mathfrak{k}_2$$

$$a \frac{\partial \mathfrak{K}_2}{\partial \tau} + b \frac{\partial \mathfrak{K}_2}{\partial \mathfrak{K}} + b \frac{w_2}{u_{20}} \frac{\partial \mathfrak{K}_2}{\partial \mathfrak{K}} = c \nabla^2 \mathfrak{K}_2 - k_0 \mathfrak{K}_2 - \frac{1-\rho}{Fr_2} \quad (12)$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial \tau} = c \nabla^2 f_2 - k_1 f_2'$$

где

$$c_2 = \frac{1}{Re_1} \left( 1 + \rho \frac{f_{20}^2}{(1-f_{20})^2} \right); \quad c_0 = \frac{1}{Re_1} \frac{f_{20}}{1-f_{20}}; \quad k_0 = \frac{kL}{\rho_{2i} u_{10} (1-f_{20})^3};$$

$$k_1 = k_0 (1-3f_{20}); \quad a = 1 + \rho \frac{f_{20}}{1-f_{20}}; \quad b = 1 - \rho \frac{f_{20}^2}{(1-f_{20})^2}; \quad \rho = \frac{\rho_{1i}}{\rho_{2i}}$$

$L$  - характерная длина.

Пользуясь равенствами (11), получаем распределение  $u_2(\mathfrak{K}, \mathfrak{K}, \tau)$  - горизонтальной,  $w_2(\mathfrak{K}, \mathfrak{K}, \tau)$  - вертикальной скоростей и концентрации  $f_2(\mathfrak{K}, \mathfrak{K}, \tau)$  примесей в области течения [4]:

$$\mathfrak{K}_2(\mathfrak{K}, \mathfrak{K}, \tau) = \frac{1}{2(\sqrt{c_2^* \pi \tau})^3} \int_{-\infty}^{\xi} d\xi \int_0^{\xi} \varphi_1(\xi, \eta) \exp[-\beta_1 \xi - \gamma_1 \zeta] \left[ \exp\left[-\frac{(\mathfrak{K}-\xi)^2 + (\mathfrak{K}-\zeta)^2}{4\tau_2^*}\right] - \exp\left[-\frac{(\mathfrak{K}-\xi)^2 + (\mathfrak{K}+\zeta)^2}{4\tau_2^*}\right] \right] d\zeta$$

Пользуясь полученными решениями равенств (2) и (3), распределение скоростей и концентрации несущей жидкости  $u_1(\mathfrak{K}, \mathfrak{K}, \tau)$ ,  $w_1(\mathfrak{K}, \mathfrak{K}, \tau)$  и  $f_1(\mathfrak{K}, \mathfrak{K}, \tau)$  определяются из равенств

$$u_1(\mathfrak{K}, \mathfrak{K}, \tau) = -\frac{f_2(\mathfrak{K}, \mathfrak{K}, \tau)}{1-f_2(\mathfrak{K}, \mathfrak{K}, \tau)} u_2(\mathfrak{K}, \mathfrak{K}, \tau)$$

$$w_1(\mathfrak{K}, \mathfrak{K}, \tau) = -\frac{f_2(\mathfrak{K}, \mathfrak{K}, \tau)}{1-f_2(\mathfrak{K}, \mathfrak{K}, \tau)} w_2(\mathfrak{K}, \mathfrak{K}, \tau)$$

Выводы:

1. Получены решения уравнений вертикального движения частиц вязкой жидкости.
2. Установлены закономерности распределения скоростей и концентрации дисперсной смеси.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Бызова Н.Л. Рассеяние примесей в пограничном слое атмосферы. - М: Гидрометеоздат, 1975.
2. Рахматуллин Х.А. Основы газодинамики взаимопроникающих движений многокомпонентных сред // ПММ. - 1956. - Т. XX, Вып. 2.
3. Рахматуллин Х.А., Шульгин Д.Ф. К теории взаимопроникающих движений многокомпонентных сред. // Доклады АН Уз. 1966. № 2
4. Бегматов А., Маматова Н. К расчету переноса солей и соленосных песков с бассейна Аральского моря. // Проблемы механики. - 2002. - № 6.
5. Хамидов А.А., Худайкулов С.И. Теория струй многофазных вязких жидкостей. - Ташкент: Фан. 2003. .
6. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. - М.: Наука, 1977.



## МЕТОДЫ АНАЛИЗА МНОГОФАЗНЫХ СРЕД В ПРОГНОЗИРОВАНИИ КАВИТАЦИОННЫХ ТЕЧЕНИЙ

*С.И. Худайкулов, Д.Т. Палуанов, Э.С. Буриев, Е.С. Цой*  
(НИИИВП при ТИИМ)

*Мақолада кўп фазали ўзгармас кесимли айланма қувурлардаги кавитацияли оқимларнинг пайдо бўлиши ва кавитация сонини топиш келтирилади.*

*Appearance of cavitations currents in twist flows of poliphase ambiances in cylindrical pipe with round cross sections perfect of onward-revolve movements is considered.*

*Рассматривается появление кавитационных течений в закрученных потоках многофазных сред в цилиндрической трубе с круглыми поперечными сечениями, совершающих доступательно-вращательные движения.*

При движении многофазных сред могут наблюдаться различные случаи в зависимости от свойств компонентов.

1. Все среды могут быть рассмотрены как упругие.
2. Некоторые из сред являются упругими, некоторые идеально-пластичными.
3. Некоторые из сред являются упругими, некоторые упруго-пластичными, обладающими эффектом переуплотнения.
4. Некоторые среды являются упругими, идеально-пластичными с эффектом переукладки.
5. Другие же среды являются упруго-пластичными твердыми средами.

Следует заметить, что среды могут быть рассмотрены как идеальные, так и вязкие. В зависимости от того, какая из указанных выше комбинаций нас интересует, уравнение движения примет соответствующий вид. Возможное число уравнений практически неограниченно. В этом случае давление в данной точке может быть принято общим для всех компонентов среды. Имеет смысл рассматривать случай, когда давление будет общим для некоторых групп из сред участвующих в движении.

Как известно, все течения жидкости происходят в многофазной среде, и сами движущиеся жидкости являются многофазными. При движении этих сред происходит взаимопроникновение и взаимодействие между фазами сред [1].

Взаимопроникающее движение двух или нескольких сред может быть рассматриваемо как движение их в пористой среде. Для любой из этих жидкостей (сред) остальные будут являться пористой средой, в которой они движутся. Поэтому для нас имеет существенное значение свойство пористой среды.

Взаимопроникающие и взаимодействующие движения нескольких сред могут быть причиной возникновения кавитации и кавитационных течений. Значит, основную роль при появлении кавитации играет многофазность жидкости. Как известно, при взаимопроникании и взаимодействии вектор скорости разных фаз направляется в разные стороны, и происходит соударение этих скоростей. Эти соударения в основном являются причинами появлений пузырей в жидкости.

Интенсивность иницирующего воздействия появляющихся пузырей зависит от стадии развития кавитации. По структурным признакам выделяют мелкопузырчатную стадию и стадию суперкавитации.

Мелкопузырчатая стадия характеризуется скоплением кавитационных пузырьков (сферической и неправильной формы), свободно плавающих в потоке жидкости и образующих факел кавитации (кавитационную каверну). По мере уменьшения давления концентрация пузырьков в каверне увеличивается и в результате вода из области кавитации полностью удаляется. При этом в области следа за обтекаемым телом образуется заполненная паром стационарная каверна, имеющая четкую границу раздела фаз пар-жидкость. Этот вид обтекания и характеризует стадию суперкавитации.

При проектировании водосброса с учетом предотвращения кавитации инженерный расчет заключается в определении начала кавитации при сравнении альтернативных вариантов конструкций его элементов.

Прогнозирование начала кавитации в зависимости от показателя, по которому судят о наступлении кавитации, осуществляется следующими методами: абсолютного давления; предельных сочетаний характерного напора и скорости; критических параметров.

По иным признакам методы прогнозирования начала кавитации подразделяют на: расчетные, основанные либо на использовании теоретических (гидромеханических), либо эмпирических зависимостей; экспериментальные, основанные на использовании данных лабораторных исследований, выполняемых для конкретной модели.

Анализ фотографий (рис. 1) кавитационных течений при  $\sigma > 0$  позволяет выделить три характерных участка конфигурации каверны.

Первый из них – начальный – непосредственно примыкает к кавитатору и имеет небольшую протяженность, соизмеримую с размерами кавитатора. Далее по потоку следует основной участок, который простирается приблизительно на три четверти от теоретически определяемой длины каверны. Реальная граница каверны на заключительном кормовом участке сильно размыва и расчетным путем не определяется. Каждый из выделенных участков характеризуется своеобразием физических процессов, определяющих конфигурацию каверны. Таким образом, появляется возможность выполнить анализ течения на каждом из участков отдельно, а затем полученные решения срастить. Иными словами, основной становится схема составной каверны.



*Рис. 1 - Анализ фотографий кавитационных течений при  $\sigma > 0$  проведен в лаборатории механики многокомпонентных и многофазных сред ИМСС АН РУз.*

Существующие модели возникновения кавитации не учитывают многочисленные реальные факторы, которые могут значительно исказить картину течения. При определении начала кавитации на эталонном теле вращения в различных лабораториях мира наблюдается существенный разброс экспериментальных значений начального числа кавитации [2]. В диапазоне скоростей потока воды 6-22 м/с начальные числа кавитации расположены в интервале  $\sigma = 0,4...0,6$ . Все неучтенные факторы относят к масштабному эффекту. Возникновение кавитации, прежде всего, зависит от уровня наличия в потоке воды зародышей кавитационных ядер, которое определяется термином газонасыщение воды. Этот параметр трудно регулируется и именно он может стать причиной отклонений от идеальной схемы. Реальная вода обладает вязкостью. На поверхности тела формируется пограничный слой, который в общем случае может быть ламинарным, переходным и турбулентным. Поэтому считать давление минимальным непосредственно на стенке можно лишь в рамках гипотезы о постоянстве давления поперек пограничного слоя. Однако вязкость существенно видоизменяет течение в носовой части тела вращения [3]. Например, на цилиндрическом корпусе со сферическим затуплением в области сочленения сферы с цилиндром наблюдается местный ламинарный отрыв потока («носовой пузырь»). Пленочная кавитация в этом случае устанавливается при  $\sigma = -C_{p,пер}$ , где  $C_{p,пер}$  – коэффициент давления в точке перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный. Пузырьковая кавитация возникает несколько раньше:  $\sigma = -C_{p,пер} + 0,030$ . Для снижения уровня

начальных чисел кавитации применяют специальные профилировки носовых очертаний тел вращения, в частности предотвращающих ламинарный отрыв (например, тело Шиббе, тело Тейлоровского лабораторного потока бассейна (США)).

Где  $\sigma$  – число кавитации. На возникновении кавитации отражается шероховатость поверхности. Многочисленные эксперименты позволили установить эмпирическую зависимость для начального числа кавитации одиночной шероховатости:

$$\sigma_{ш} = C \left( \frac{h_{ш}}{\delta} \right)^a \left( \frac{u_{\delta} \delta}{\nu} \right)^b \quad (1)$$

Здесь  $h_{ш}$  - высота шероховатости;  $\delta$  - толщина пограничного слоя; « $u_{\delta}$  - скорость на границе пограничного слоя. Константы определены для шероховатости различного вида, например, для полусфер  $C=0,0106$ ,  $a=0,439$ ,  $b=0,298$ , для конусов  $C=0,0338$ ,  $a=0,632$ ,  $b=0,451$ .

Если одиночная шероховатость расположена на криволинейной поверхности тела вращения, то соответствующее начальное число кавитации определяется как:

$$\sigma_1 = -C_{p,ш} + \frac{(1 - C_{p,ш})}{\sigma_{ш}} \quad (2)$$

где  $C_{p,ш}$  - коэффициент давления в месте расположения шероховатости, рассчитанный по потенциальной теории для гладкой поверхности.

При наличии распределенной шероховатости начальное число кавитации тесно связано с местным коэффициентом трения  $C_{xf}$ ;

$$\sigma_2 = 16C_{xf} \quad (3)$$

Течение в донной области за плохообтекаемыми телами характеризуется интенсивными вихревыми образованиями. В ядрах вихрей может возникать пузырьковая кавитация. Начальные числа кавитации в этом случае выражают формулами вида:

$$\sigma_{вихр} = a + b Re^n,$$

коэффициенты которых находят полуэмпирическим путем. В частности, для диска с острыми кромками найдено:

$$\sigma_{вихр} = 0,44 + 0,00036 \sqrt{Re}, \quad (4)$$

Как известно аэрированный поток состоит из смеси воды и воздуха. Проникновение воздуха в поток происходит, в основном, через свободную поверхность, в зонах образования каверны, при потере устойчивости волн на поверхности, могут образовываться воздушные полости. [3, 4, 5, 6]. Критерии образования начала аэрации определяются числами Рейнольдса, Фруда и Вебера. В цилиндрических трубах вовлечение в трубу воздуха происходит при безнапорных, бурных и частично-напорных течениях, где проникновение воздуха в поток происходит под действием касательных напряжений на границах раздела воды и воздуха. Рассмотрим закрученные потоки несжимаемой водо-воздушной смеси в цилиндрической трубе с круглыми поперечными сечениями, совершающей поступательно-вращательные движения (рис. 1). Можно считать, что течение смеси стационарное, осесимметричное и циркуляционное. Также можно рассматривать нестационарное, осесимметричное и циркуляционное течение, но с дополнительными условиями.

Предполагается, что обе фазы смеси (вода и воздух) несжимаемы, радиальные скорости фаз -  $\mathcal{G}_{nr}$ , значительно меньше, чем тангенциальные скорости -  $\mathcal{G}_{n\theta}$  и осевые скорости -  $\mathcal{G}_{nz}$ . Появление завихрений в течении имеет различную природу, в том числе наличие завихрителя во входной части трубы. Рассматривается участок активной трансформации потока водо-воздушной смеси.

В качестве модели смеси примем модель взаимопроникающих многофазных сред Х.А. Рахматулина [3]:

$$\rho_n \frac{\partial \bar{g}_n}{\partial t} + \rho_n [\text{rot } \bar{g}_n \bar{g}_n] = -\rho_n \text{grad } \frac{g_n^2}{2} - f_n \text{grad } p - \rho_n \text{grad } u_n + \mu_n \Delta^2 (f_n \bar{g}_n) \quad (5)$$

где  $\sigma$  – число кавитации.

$$\rho_n = f_n \rho_{ni}, \quad \bar{g}_n = g_{n\theta} \bar{e}_\theta + g_{nr} \bar{e}_r + g_{nz} \bar{e}_z$$

где  $f_n, \rho_{ni}$  – объёмные концентрации и истинные плотности фаз;

$\bar{g}_n$  – вектор скорости  $n$ -фазы смеси.

$g_{n\theta}, g_{nr}, g_{nz}$  – компоненты вектора скорости  $n$ -фазы смеси в цилиндрических координатах;

$\mu_n$  – динамический коэффициент  $n$ -фазы смеси.

Вводя безразмерные параметры и учитывая малую радиальную скорость, получим систему уравнений

$$\frac{\hat{g}_{n\theta}^2}{r} = f_i \frac{\partial \hat{p}}{\gamma_i} + \frac{1}{Fr} \frac{\partial \hat{P}}{\gamma_i}$$

$$\frac{\partial \hat{g}_{n\theta}}{\partial \hat{z}} = \frac{1}{\text{Re}_i} \frac{v_n}{v_i} + \frac{\partial^2 \hat{g}_{n\theta}}{\hat{\gamma}_i^2} + \frac{1}{\hat{r}} \frac{\partial \hat{g}_{n\theta}}{\gamma_i} - \frac{\hat{g}_{n\theta}}{\hat{r}^2} + K (\hat{g}_{p\theta} - \hat{g}_{n\theta}) \quad (6)$$

Формула (6) А. Эпштейна не отражает влияния числа Эйлера [6] и при малых числах Эйлера с учетом системы уравнений взаимодействия фаз (6), определяют число кавитации как:

$$\sigma = \frac{p_\infty}{\frac{\hat{\rho} (\hat{g}_{p\theta} - \hat{g}_{n\theta})^2}{2}} \quad (7)$$

сопоставимое с числом естественной кавитации. Решение систем уравнений (5) и (6) позволяет получить скорость взаимопроникающих и взаимодействующих фаз.

Взаимопроникновение и взаимодействие этих фаз, могут быть причиной возникновения кавитации и кавитационных течений.

**Вывод.** Основную роль при появлении кавитации играет многофазность жидкости. При взаимопроникновении и взаимодействии вектор скорости разных фаз направляется в разные стороны, и происходит соударение этих скоростей. Эти соударения, в основном, являются причинами появления пузырей в жидкости (рис. 2.).



Рис. 2 – появления пузырей в многофазной жидкости

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Рахматуллин Х.А. Основы газодинамики взаимопроникающих движений сжимаемых сред // ПММ. – М.: Наука, 1956. - Вып. 20.

2. Амромин Э.Л., Иванов А.Н. Осесимметричное обтекание тел в режиме развитой кавитации. – Изв. АН СССР. Сер. Механика жидкости и газа. – 1975. - № 3. - С. 37-42.
3. Балуев Е.Д., Троянкин Ю.В. Исследование аэродинамической структуры газового потока в циклонной камере. – Теплоэнергетика. – 1967. - № 1. - С. 18-20.
4. Башарова В.Н. Пространственные кавитационные течения за произвольно ориентированными некруговыми кавитаторами // Математические методы исследования гидродинамических течений: Сб. науч. тр. - Киев: Наукова думка, 1978. - С. 41-45.
5. Башарова В.Н., Буйвол В.Н., Власенко Ю.Д., Шевчук Ю.Р. Численные методы в некоторых задачах гидродинамики течений со свободными границами // Тез. докл. на Всесоюз. конф. по применению ЭВМ и числ. методов в гидромеханике корабля (Крыловские чтения, 1977). - Л.: Судостроение, 1977. - С. 83-84.
6. Шашин В.М. Гидромеханика. – Москва: Высшая школа, 1990. – 385 с.

УДК 532.5

## МЕТОДЫ РАСЧЁТА УРОВНЯ ПОНИЖЕНИЯ ДИСПЕРСНОЙ СМЕСИ ПРИ ОТКАЧКЕ ИЗ КОЛОДЦЕВ

**С.И. Худайкулов, М.А. Якубов, Х.М. Якубова**  
(НИИИВП при ТИИМ)

*Мақолада қудуқдаги дисперс аралашма сатҳнинг ихтиёрий нуқтасидаги, ихтиёрий вақт оралиғидаги сатҳини топиш формулалари таҳлил қилинади.*

*In work it is investigated the movement of a disperse mix in the crack-porous environment consisting of porous blocks, divided by cracks. Formulas of distribution of pressure in a non-uniform layer are received at work of the perfect chink of a disperse mix.*

*В статье приводится анализ исследований по определению уровня понижения дисперсной смеси в любое время или в любой точке зоны влияния колодца.*

В статье [1] исследуется движение дисперсной смеси в трещиновато-пористой среде, состоящей из пористых блоков, разделенных трещинами при работе несовершенной скважины в неоднородном пласте. Дисперсная смесь состоит из воды и газообразной жидкой среды, плотность которой равна:  $\rho_{см} = \rho_1 + \rho_2$ , где  $\rho_1$  - приведенная плотность воды, и она равна  $\rho_1 = \rho_{1i} f_1$ .

$\rho_2$  - плотность газообразной среды, которая равна  $\rho_2 = \rho_{2i} f_2$ , где  $\rho_{1i}, \rho_{2i}$  - истинные плотности,  $f_1, f_2$  - объёмные концентрации воды и газообразной среды.

Предполагается, что объёмные концентрации воды и газообразной среды постоянные при движении обеих фаз и фазовые преобразования отсутствуют. Трещины однообразные, при движении дисперсной смеси отсутствуют деформации, образования и развитие новых трещин [1].

Пласт горизонтальный, бесконечной протяженности и конечной мощности  $h$ . Кровля и подошва пласта непроницаемы. Пласт прорезан скважиной радиусом  $C$ , которая проницаема не по всей длине, а на промежутке  $l = l_2 - l_1 < h$ . Пространство вокруг скважины загрязняется и образуется призабойная зона цилиндрической формы радиусом  $R$  (рис.1), проницаемость которой ниже, чем в остальной части пласта. Положив

$$\beta_{j0} = \beta_{cj} + m_j \beta$$

где  $\beta_{cj}$  - коэффициент сжимаемости блоков.  $m_j$  - пористость блоков,  $\beta$  - коэффициент сжимаемости жидкости, получим коэффициент пьезопроводности:

$$\chi_j = \frac{k_j}{\mu \beta_{j0}}$$

причем  $j = 1$  соответствует призабойной зоне,  $j = 2$  - внешней части пласта;  $\mu$  - вязкость жидкости;  $k_j$  - проницаемость трещин.

Движение осесимметрично, происходит в двух средах и описывается уравнениями в цилиндрических координатах [2]

$$\frac{\partial p_j}{\partial t} - \eta_j \frac{\partial \Delta p_j}{\partial t} = \chi_j \Delta p_j \quad (j = 1, 2) \quad (1)$$

Где  $\eta_j$  - характеристика трещиновато-пористой среды.  $p_j$  - давление жидкости в блоках:

$$\Delta p = \frac{\partial^2 p}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial r} + \frac{\partial^2 p}{\partial z^2}$$

До начала работы скважины давление во всем пласте постоянное  $P_0$ . После включения скважина работает с постоянным расходом  $Q$ .

Начальные и граничные условия имеют вид:

$$p_j = p_0 + qP_j$$

Где

$$q = \frac{Q\mu_{см}}{2\pi k}$$

$\mu_{см}$  - динамическая вязкость газообразной среды и жидкости- смеси.  $\mu_{см} = V_{см}\rho_{см}$

$$\mu_{см} = \mu_1 f_1^* + \mu_2 f_2^*$$

$\mu_1, \mu_2$  - динамическая вязкость первой и второй фазы.

$V_{см}$  - кинематическая вязкость смеси.  $\rho_{см}\bar{V}_{см} = \rho_1\bar{V}_1 + \rho_2\bar{V}_2$

$\bar{V}_1, \bar{V}_2$  - векторы скорости каждой фазы дисперсной смеси [5] [6].

Для функций  $P_j$  уравнения (1) сохраняют форму, начальные условия станут нулевыми, а граничные будут

$$\left. \frac{\partial P_j}{\partial z} \right|_{z=0} = 0 \quad \left. \frac{\partial P_j}{\partial z} \right|_{z=h} = 0 \quad P_2(\infty, z, t) = 0$$

$$\left( r \frac{\partial P_1}{\partial z} \right) = \begin{cases} - \left[ 1 - \exp\left(-\frac{\chi_1}{\eta_1}\right) \right] & (z \in [l_1, l_2]); \\ 0. & (z \notin [l_1, l_2]) \end{cases}$$

На границе призабойной зоны выполняются равенства давлений для обеих сред:

$$P_1(R, z, t) = P_2(R, z, t)$$

и равенство потоков:

$$\left( \frac{k_1}{\mu} \frac{\partial P_1}{\partial r} + \eta_1 \beta_{10} \frac{\partial^2 P_1}{\partial t \partial r} \right)_{r=R-0} = \left( \frac{k_2}{\mu} \frac{\partial P_2}{\partial r} + \eta_2 \beta_{20} \frac{\partial^2 P_2}{\partial t \partial r} \right)_{r=R+0}$$

К функциям  $P_j(r, z, t)$  применяется преобразование Лапласа по переменной  $t$  [3]. Тогда для функций изображений  $f_j(r, z, s)$  получим уравнения [4]:

$$\Delta f_j - \frac{s}{\chi_j + \eta_j s} f_j = 0 \quad (2)$$

с граничными условиями

$$\left. \frac{\partial f_j}{\partial z} \right|_{z=0} = 0, f_2(\infty, z, s) = 0, \left( r \frac{\partial f_1}{\partial z} \right) = \begin{cases} -\frac{\chi_1}{\chi_1 + \eta_1 s} (z \in [l_1, l_2]); \\ 0..(z \notin [l_1, l_2]) \end{cases}$$

$$f_1(R, z, s) = f_2(R, z, s) \quad (3)$$

$$\left( \beta_1 \frac{\partial f_1}{\partial r} \right)_{r=R-0} = \left( \beta_2 \frac{\partial f_2}{\partial r} \right)_{r=R+0} \quad \beta_j = \beta_{j0} (\chi_j + \eta_j s) \quad (4)$$

Уравнения (2) допускают разделение переменных [5], для чего положено

$$f_j(r, z, s) = Z_j(z)R_j(r, s)$$

Тогда уравнения (2) и краевые условия (3), (4) дают два уравнения, Первое из них относительно

$$\frac{d^2 Z_j}{dz^2} + \lambda^2 Z_j = 0 \quad \left. \frac{dZ_j}{dz} \right|_{z=0} = 0 \quad (j=1,2) \quad (5)$$

Дифференциальное уравнение для призабойной зоны цилиндрической формы радиусом  $R$  находится решением дифференциального уравнения второго порядка, которое имеет вид:

$$\frac{d^2 R_j}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dR_j}{dr} - \left( \frac{s}{\chi_j + \eta_j s} + \lambda^2 \right) R_j = 0 \quad (j=1,2)$$

$$R_2(\infty, 0) = 0 \quad (6)$$

Задача (5) имеет собственные функции

$$Z_{jn} = C_{jn} \cos \lambda_n z$$

где  $\lambda_n = \frac{n\pi}{h}$  - собственные значения. Соответствующие собственные функции задачи (6)

имеют вид

$$R_{1n} = A_{1n} I_0(r\nu_n) + B_{1n} K_0(r\nu_n), R_{2n} = B_{2n} K_0(r\delta_n)$$

Где

$$\nu_n^2 = \frac{s}{\chi_1 + \eta_1 s} + \lambda_n^2, \delta_n^2 = \frac{s}{\chi_2 + \eta_2 s} + \lambda_n^2$$

$I_m$  и  $K_m$  - функции Макдональда  $m$ -го порядка [3] [4].

Чтобы основная теория давала хорошие результаты при характеристике слоев, транспортирующих воду, следует четко представлять себе главные допущения, которые сделаны при выводе этих уравнений. Во всех уравнениях, которые здесь рассматриваются, были сделаны следующие допущения:

1. Колодец полностью пронизывает водоносный слой.
2. Поток является ламинарным в районе влияния колодца.

Тейс предложил метод анализа неустановившегося притока воды в колодец [7]. В этом случае применяется дополнительная характеристика водоносного слоя в виде коэффициента  $S$ , который равен объему воды, освободившемуся из единицы объема водоносного слоя при единице падения пьезометрического напора на единицу давления. По отношению к поверхности грунтовых вод этот коэффициент представляет собой удельную водоотдачу, а для случая артезианского пласта или ограниченного водоносного слоя он является объемом воды, который перемещается из

колонки с основанием, равным единице площади, и высотой, равной толщине водоносного слоя. (Венцель, 1942).

Для колодца с постоянным расходом при бесконечном протяжении водоносного слоя имеем:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \int_{\frac{r^2 S}{4Tt}}^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du \quad (7)$$

Этот интеграл является функцией нижнего предела и называется интегральной показательной функцией, величины которой можно найти по таблицам (Институт Смитсона, 1933). Введение времени откачивания  $t$  является ценной особенностью этого уравнения. Величина  $s$  является понижением пьезометрического напора в водоносном слое в любой точке, находящейся вблизи колодца, при равномерном выкачивании из него воды. Другие обозначения были определены выше. Эта функция называется также функцией колодца  $W(u)$  (Венцель, 1942). Аргументом  $u$  этой функции является нижний предел  $\frac{r^2 S}{4Tt}$  интеграла. Напишем этот аргумент в следующем виде:

$$\frac{r^2}{t} = \frac{4Tu}{S} \quad (8)$$

уравнение (7) перепишем так:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \quad (9)$$

Если величины  $T$  и  $S$  известны, уравнение (9) может применяться для определения понижения в любое время или в любой точке зоны влияния колодца. Если известна функциональная зависимость между понижением и временем или расстоянием от колодца, то уравнение можно решить относительно величин  $T$  и  $S$ .

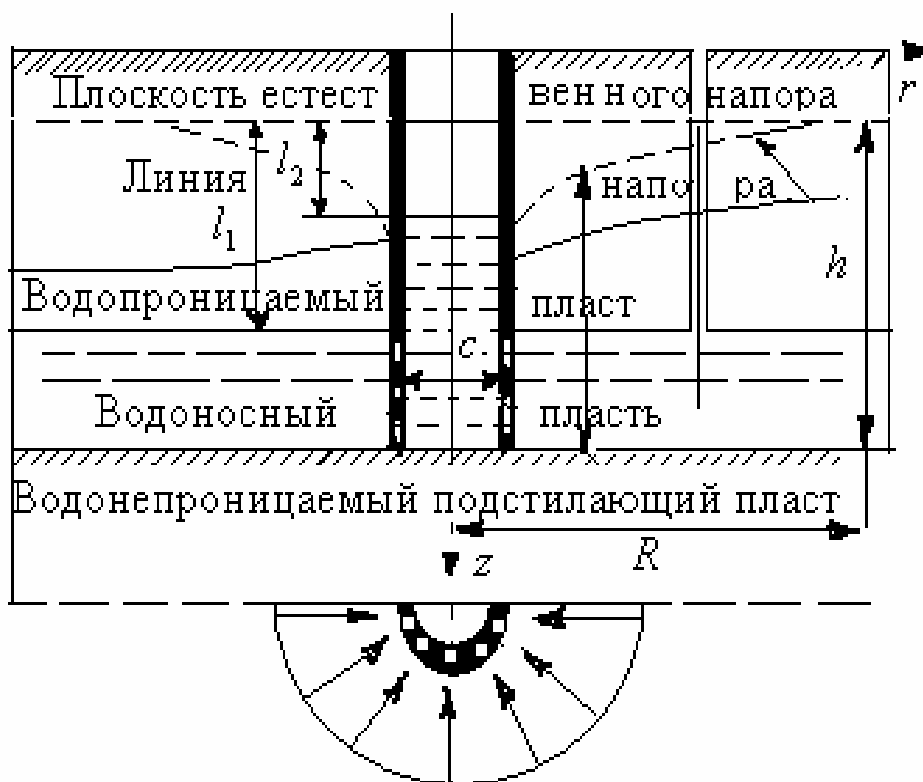


Рис. 1 – Пространство вокруг скважины



#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Худайкулов Б.С., Махмудов И.Э., Яхшибоев Д.С. Движение дисперсной смеси в неоднородной среде к несовершенной скважине // Проблемы механики. – 2013. - № 2.
2. Jamts N., Luthin. Drainage of agricultural lands. Department of Irrigation University of California, Davis, California. American society of agronomy, publisher Madison, Wisconsin. 1957.
3. Райченко Л.М. Приток жидкости к несовершенной скважине в неоднородной среде // Прикладная механика. – 1977. – Т. 13, № 9. - С. 103-107.
4. Райченко Л. М. Задача о притоке жидкости к совершенной скважине в слое трещиновато-пористых пород при наличии призабойной зоны // Прикладная механика. - 1973. – Т. 9, № 4. - С. 91-95.
5. Хамидов А.А. Плоские и осесимметрические задачи о струйном течении идеальной сжимаемой жидкости. - Ташкент: Фан, 1978.
6. Хамидов А.А., Худайкулов С.И. Теория струй многофазных вязких жидкостей. – Ташкент: Фан, 2003. – 140 с.
7. Theis C.V. The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate of duration of discharge of a well using ground water storage, Trans. Amer. Geophys. Un. 1935. P. 519-524.

УДК 556.114

## СОВРЕМЕННЫЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ Р. СЫРДАРЬЯ

*Э.И. Чембарисов, Т.Ю. Лесник, А.Б. Насрулин, М.Н. Рахимова  
(НИИИВП при ТИИМ)*

*Сырдарё даренинг ҳавзаларида кўп йилик (1925-2011 йи.) тадқиқотларни минерализацияси даренинг таркиби натижалар кўрилиб чиқмоқда. Минерализация ўзгарилиши таҳлили Каль створидан Чиноз створигача ўтказилмоқда. Киш мавсунида Токтогул сув амборидан сувнинг ташилиши сабабли билан 1995-1996 йи. Сувнинг сарфланиши режимида муҳим ўзгаришлар кузатилмоқда.*

*Considered results perennial (1925-2011) studies of the mineralization and chemical composition of river water of basin river Surdarya. Conducted analysis of change the mineralization of river water from station Kall to station Chinaz. As from a period 1995-1996 in inwardly annual mode of discharge of river water are observed significant change because of unsets of water at a winter period from Toktogul reservoir.*

*Рассматриваются результаты многолетних (1925-2011 гг.) исследований минерализации и химического состава речных вод бассейна р. Сырдарья. Проведен анализ изменения минерализации от створа Каль до створа Чиназ. Начиная с периода 1995-1996 гг. во внутригодовом режиме расходов воды наблюдаются значительные изменения из-за сбросов воды из Токтогульского водохранилища в зимний период.*

Бассейн р. Сырдарья - крупнейший в Центральной Азии по площади и длине главной реки. Сток воды образуется на отрогах хребтов Тянь-Шаня, откуда река выходит сначала в степные пространства, а затем, через пустыню Кызылкум, впадает в Малое Аральское море. Границы бассейна реки Сырдарья четко видны только в пределах горного рельефа (юго-восточная часть), поэтому точная площадь бассейна Сырдарьи может быть определена только с выхода реки из хребтов Ферганской долины (рис. 1).

Благодаря высоким отметкам основных горных хребтов Тянь-Шаня (Алайский, Туркестанский), слагающих водосбор бассейна Сырдарья, вечные снега и оледенения здесь занимают сравнительно большое пространство, хотя и значительно меньшее, чем в бассейне Амударьи.

Река Сырдарья образуется слиянием рек Нарын и Карадарья в восточной части Ферганской долины. По своей протяженности (2137 км) Сырдарья - наиболее крупная река Центральной Азии, по водоносности она уступает только Амударье. Наибольшее число притоков сосредоточено в Ферганской долине. Характер питания и режим рек бассейна находится в полном соответствии с высотами хребтов и связанным с ним развитием вечных снегов, снежников и оледенения. Реки ледниково-снегового питания встречаются только в верховьях р. Нарын и на северных склонах

Туркестанского и Алайского хребтов (реки Аксу, Ходжабакирган, Исфара, Сох, Шахимардан, Исфайрам, Араван и Акбура). Все же наиболее крупные реки бассейна Сырдарьи и большинство более мелких притоков относятся к рекам снего-ледникового питания, как Нарын и Карадарья, наиболее водоносный приток Сырдарьи - Чирчик, крупные правые притоки Сырдарьи в Ферганской котловине, многие притоки рек Нарын, Карадарья, Чирчик и др.



Рис. 1 - Схема расположения бассейна р. Сырдарья

Этим бассейн Сырдарьи резко отличается от соседних с ним бассейнов Амударьи на юге, реки Чу, Талас и озера Иссык-Куль на севере, где преобладают реки ледниково-снегового питания. Вторая особенность бассейна Сырдарьи - его значительно меньшая абсолютная водоносность по сравнению с бассейном Амударьи – 11 л/с км<sup>2</sup>.

Почти ни один из притоков Сырдарьи в Ферганской долине не доносит свою воду до главной реки вследствие разбора на орошение. Ниже выхода из Ферганской котловины р. Сырдарья, за исключением двух сравнительно крупных притоков Зааминская и Санзара, далеко до нее не доходящих, слева притоков ни имеет. Справа же в нее впадает Ахангаран (Ангрен), далее наиболее крупный и водоносный приток р. Чирчик, а затем Келес и Арысь. Территория бассейна принадлежит четырем центральноазиатским государствам Кыргызстану, Узбекистану, Таджикистану (очень незначительная часть) и Казахстану (нижняя часть бассейна). Здесь сосредоточено около половины населения Центральной Азии. Сельское хозяйство и промышленность бассейна достигли высокого экономического уровня, особенно, в пределах Узбекистана. Большие запасы тепловых ресурсов и наличие плодородных земель, с одной стороны, и явный недостаток атмосферных осадков - с другой, обусловили широкое развитие орошения.

Основные сельскохозяйственные культуры - хлопчатник (до Чардары) и рис в нижнем течении реки. В предгорьях, где больше атмосферных осадков, выращивают коротко вегетационные сельскохозяйственные культуры, главным образом колосовые. В этой зоне распространено богарное земледелие. За пределами орошаемого земледелия расположены пастбищные угодья. По подсчетам специалистов территория бассейна Сырдарьи равна 443 тыс. км<sup>2</sup> или 32 % всей территории Центральной Азии. Сырдарья - вторая по водоносности река Центральной Азии.

Поверхностные водные ресурсы бассейна Сырдарьи (до Чардары) оцениваются в размере 33,2 км<sup>3</sup> и имеют отклонения в зависимости от водности года. Основные водные ресурсы бассейна (74 %) образуются в Ферганской долине. Расходы воды в реках подвержены не только внутригодовым колебаниям, но и изменяются от года к году. На реках бассейна построено и функционирует восемнадцать водохранилищ, назовем наиболее крупные из них: Токтогульское (полная емкость составляет 19,5 млн км<sup>3</sup>, введено в эксплуатацию в 1974 г.), Чардаринское (15,7 км<sup>3</sup>, 1966 г.), Кайракумское (4,02 км<sup>3</sup>, 1956 г.), Чарвакское (2,0 км<sup>3</sup>, 1977 г.), Андижанское (1,75 км<sup>3</sup>, 1978 г.). Строительство водохранилищ и увеличение водозабора из рек значительно

изменило их водный режим, особенно в нижнем течении. В связи с увеличением поступления в реки коллекторно-дренажных (возвратных) вод в осенние месяцы расходы воды в них несколько повышаются. В целом, как будет показано ниже, гидрологические условия Сырдарьи по мере развития ирригации ухудшились, особенно в низовьях реки.

Самым крупным водопотребителем является орошаемое земледелие. Наибольшая орошаемая площадь расположена в Ферганской долине, существенна она в Голодной степи и Ташкентском оазисе. В нижнем течении реки наиболее крупными орошаемыми массивами являются Арысь-Туркестанский и Кызылординский. В пределах Кыргызстана орошаются меньшие по размерам площади.

**Гидрологический режим** р. Сырдарьи и ее основных притоков был изучен по фондовым данным лаборатории гидрометрии и метрологии Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем (НИИВП) при ТИИМ и отдела гидрологии Узгидромета. Были собраны сведения по среднемесячным расходам воды за 1980-2011 гг. по следующим створам: р. Сырдарья - кишл. Каль, р. Сырдарья - ниже сброса КМК (в черте г. Бекабад); р. Сырдарья – пос. Надеждинский; р. Сырдарья – выше устья р. Келес; р. Нарын - Учкурганская ГЭС, р. Нарын – г. Учкурган; р. Карадарья - кишл. Учтепе; р. Чирчик- плотина Чарвакской ГЭС; р. Чирчик - г. Газалкент; р. Чирчик - г. Чиназ; р. Ахангаран – устье р. Ирташ; р. Ахангаран – ниже Ахангаранской плотины [1-3].

В р. Сырдарья у створа Каль в течение рассматриваемого периода среднегодовые расходы воды изменялись от 364 м<sup>3</sup>/с (2009г.) до 614 м<sup>3</sup>/с (2003), в 2011 г. он был равен 495 м<sup>3</sup>/с.

В среднем за многолетие среднемесячные расходы воды изменялись следующим образом: в январе-марте они были равны 469-919 м<sup>3</sup>/с, начиная с апреля и кончая сентябрем они изменялись от 207 до 393 м<sup>3</sup>/с, т.е. наблюдалось их уменьшение, вызванное водозабором из реки, в основном, для орошения сельскохозяйственных культур. В октябре-декабре среднемесячные расходы воды изменялись в пределах 371-622 м<sup>3</sup>/с, т.е. были несколько выше, чем в летние месяцы.

Такой же внутригодовой ход расходов воды сохранился и в 2011 г.: в январе-апреле они были 314-694 м<sup>3</sup>/с, в мае-сентябре были меньше: от 235 до 389 м<sup>3</sup>/с, в октябре-декабре они возросли до 236-1010 м<sup>3</sup>/с.

Ниже по течению реки у створа ниже сброса КМК (в черте г. Бекабад) среднеемноголетний расход воды уменьшается в 1,49 раз; в течение рассматриваемого периода времени расходы изменялись от 185 м<sup>3</sup>/с (2009 г.) до 469 м<sup>3</sup>/с (2003 г.), в 2011 г. среднегодовой расход воды был равен 324 м<sup>3</sup>/с.

В среднем за многолетие среднемесячные расходы воды изменялись следующим образом: в январе-апреле они были равны 547-798 м<sup>3</sup>/с, с мая по август ввиду водозабора на орошение сельскохозяйственных культур они существенно уменьшались до 11,7-47,6 м<sup>3</sup>/с, а в октябре-декабре повышались до 155-575 м<sup>3</sup>/с.

Такой же внутригодовой ход среднемесячных расходов воды сохранился и в 2011 г.: в январе-апреле они изменялись в пределах 343-709 м<sup>3</sup>/с; с мая по сентябрь - в пределах 9,07-36,7 м<sup>3</sup>/с и в октябре-декабре они возросли до 86,3-89,9 м<sup>3</sup>/с

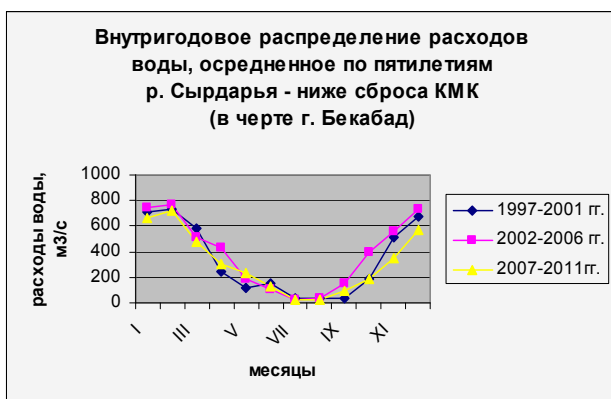
В р. Нарын (правой составляющей р. Сырдарья) у створа Учкурганская ГЭС за рассматриваемый период времени среднегодовые расходы воды изменялись следующим образом: от 398 м<sup>3</sup>/с(2008 г) до 499 м<sup>3</sup>/с, а в 2001 г. -462 м<sup>3</sup>/с.

В среднем среднемесячные расходы воды изменялись следующим образом: в январе-марте они были равны 443-691 м<sup>3</sup>/с, начиная с апреля и кончая сентябрем они изменялись от 317 до 443 м<sup>3</sup>/с, т.е. наблюдалось их уменьшение, вызванное водозабором из реки, в основном, для орошения сельскохозяйственных культур.

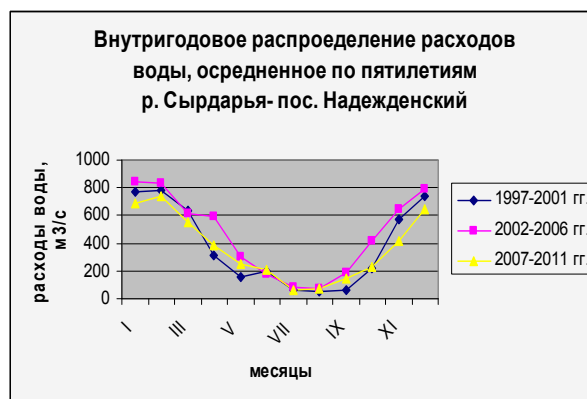
В октябре-декабре среднемесячные расходы воды изменялись в пределах 432-601 м<sup>3</sup>/с, т.е. были несколько выше, чем в летние месяцы.

В створе р. Карадарья (левой составляющей р. Сырдарья) у створа кишл. Учтепа расходы воды изменялись от 85,8 м<sup>3</sup>/с (2008 г.) до 199 м<sup>3</sup>/с (2003 г.), в среднем за многолетие расход составил 137 м<sup>3</sup>/с, а в 2011 г. – 127 м<sup>3</sup>/с.

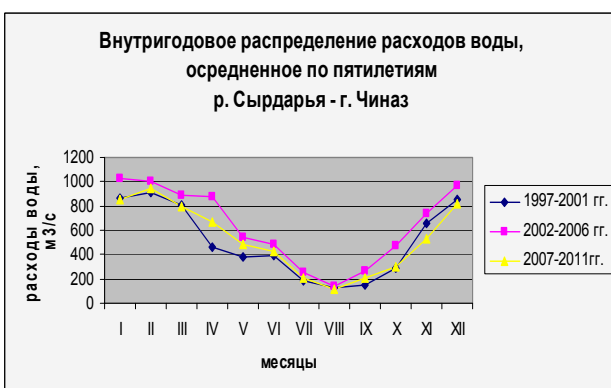
В среднем за рассматриваемые годы среднемесячные расходы воды изменялись следующим образом: в январе-марте они были равны 117-210 м<sup>3</sup>/с, начиная с апреля и кончая сентябрем они изменялись от 95,2 до 181 м<sup>3</sup>/с, в октябре-декабре - в пределах 124-168 м<sup>3</sup>/с; т.е. наблюдалось их некоторое уменьшение в летние месяцы, вызванное водозабором из реки. В основном, для орошения сельскохозяйственных культур (рис. 2).



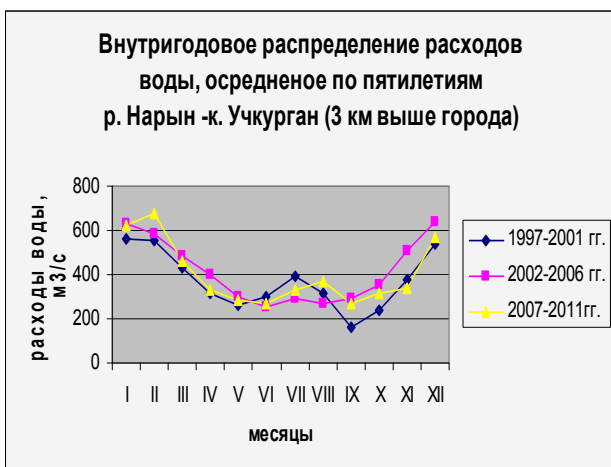
а)



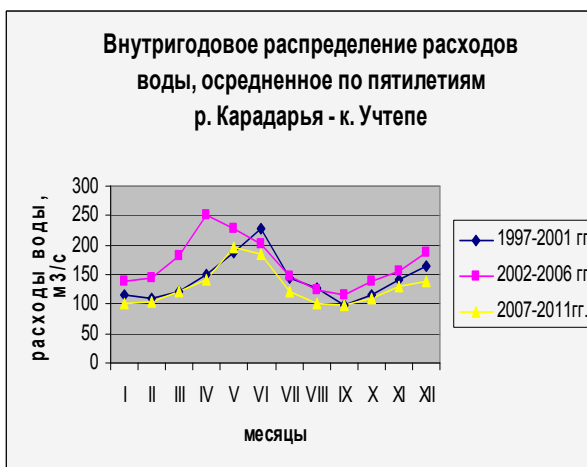
б)



в)



г)



д)

Рис. 2 - Внутригодичное распределение расходов воды бассейна р. Сырдарья, осредненное по пятилетиям (1997-2001 гг., 2002-2006 гг., 2007-2011 гг.) у створов:

а) ниже сбросов КМК (в черте г. Бекабад); б) пос. Надежденский; в) г. Чиназ; г) р. Нарын - к. Учкурган (3 км выше города); д) р. Карадарья - к. Учтепе

**Особенности гидрохимического режима.** По р. Сырдарья в настоящее время химический состав воды определяется в пяти створах: р. Сырдарья - г. Наманган (кишл. Каль), Сырдарья – выше г. Бекабад, Сырдарья – ниже г. Бекабад, Сырдарья – Надежденский, Сырдарья – Чиназ (данные последних лет дополняются по створу – 0,5 км ниже устья коллектора ГПК-С) (рис. 3).

До интенсивного развития орошения в бассейне существенной разницы в минерализации и относительном составе от кишл. Учкурган на р. Нарын и до г. Казалинска на р. Сырдарья не наблюдалось. На всем этом участке минерализация воды изменялась в пределах 0, 25-0,40 г/л, а по составу вода была гидрокарбонатно-кальциевая (Г-К).

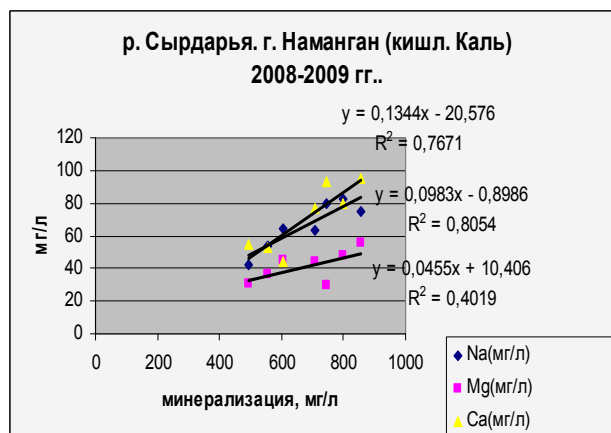
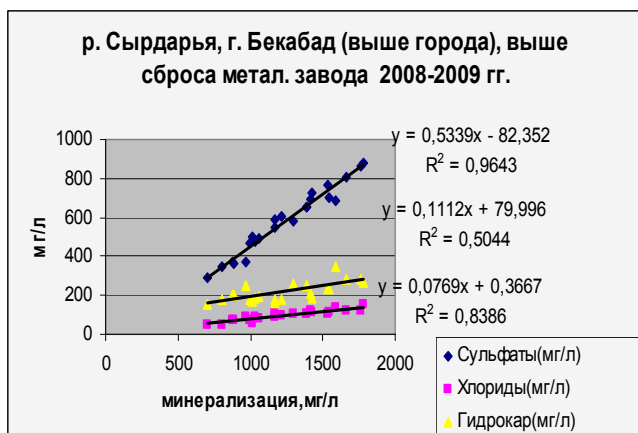
В последние годы минерализация воды в р. Нарын у г. Учкурган изменяется в пределах 0,30-0,35 г/л, по составу она сульфатно-гидрокарбонатный-натриево-магниево-кальциевая (СГ-НМК). У створа г. Наманган (к. Каль) минерализация воды повышается до 0,95-1,0 г/л, состав воды становится сульфатный-магниево-натриево-кальциевым (С-МНК).

При выходе реки Сырдарья на территорию Казахстана минерализация её воды повышается до 1,0-1,1 г/л, а состав воды меняется на сульфатный-магниево-кальциево-натриевый (С-МНК).

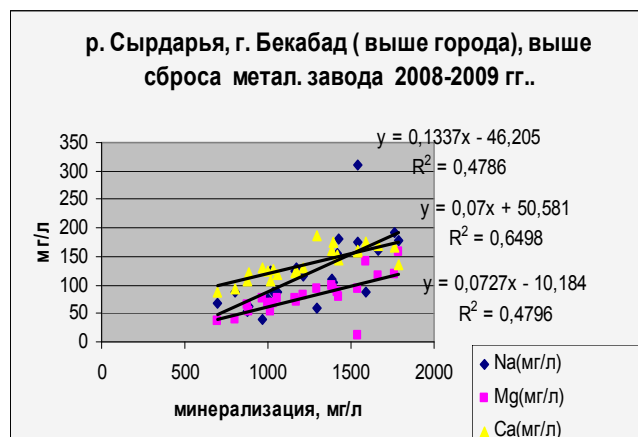
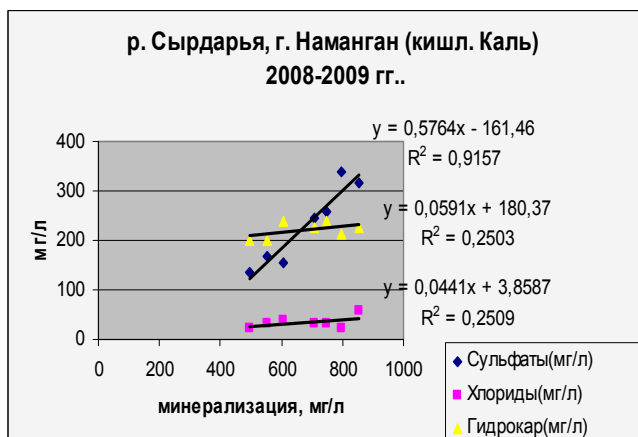
В верхнем течении Сырдарьи - кишл. Каль, среди анионов преобладает сульфатный ион (коэффициент корреляции равен 0,92), на втором месте - гидрокарбонатный ион, на третьем – хлоридный ион. Среди катионов преобладает ион кальция (коэффициент корреляции равен 0,77). На втором месте – ион натрия (коэффициент корреляции равен 0,80), на третьем месте – ион магния (коэффициент корреляции равен 0,41).

В нижнем течении р. Сырдарья - ниже устья коллектора ГПК-С среди анионов преобладает сульфатный ион (коэффициент корреляции равен 0,96), на втором месте - гидрокарбонатный ион, на третьем – хлоридный (коэффициент корреляции равен 0,84). Среди катионов преобладает ион натрия (коэффициент корреляции равен 0,80). На втором месте – ион кальция (коэффициент корреляции равен 0,46), на третьем месте – ион магния (коэффициент корреляции равен 0,51).

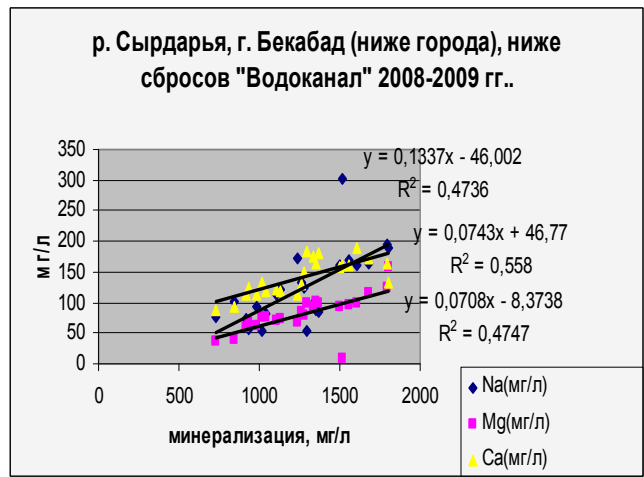
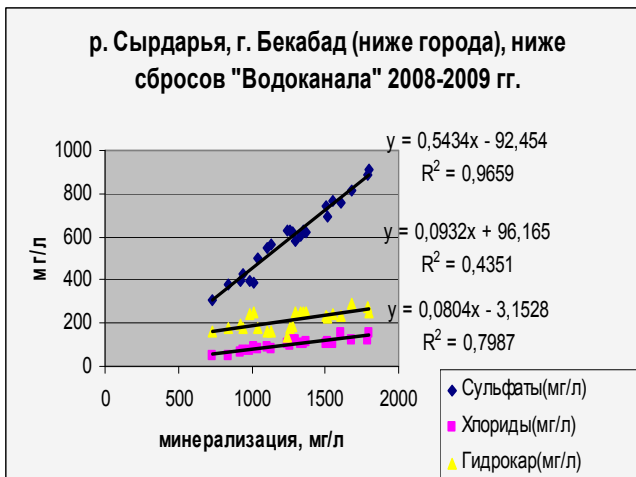
В целом закономерность изменений химического состава воды по длине реки сохраняется и в последние годы. Если в верховьях реки минерализация равна 0,38–0,44 г/л, а состав воды сульфатно-гидрокарбонатный–натриево-магниево-кальциевый (СГ-НМК), то в нижнем течении минерализация до 0,90–1,23 г/л, при этом состав воды меняется на сульфатный – магниево-кальциево – натриевый (С-МНК) (табл.1).



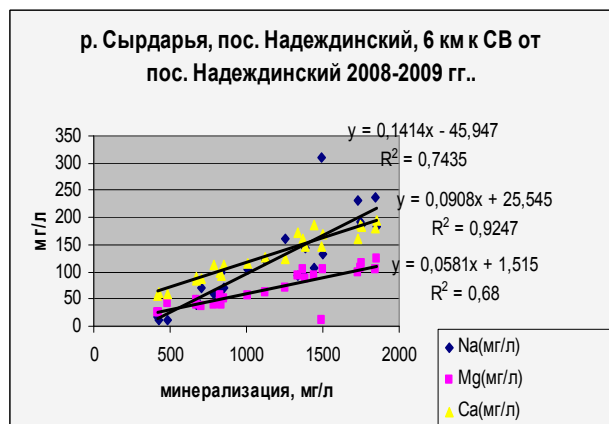
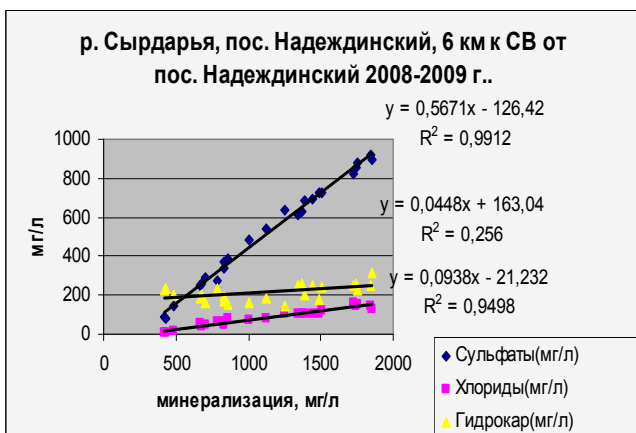
а



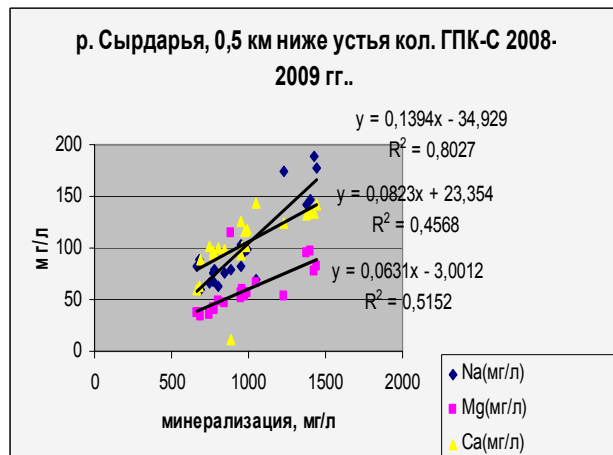
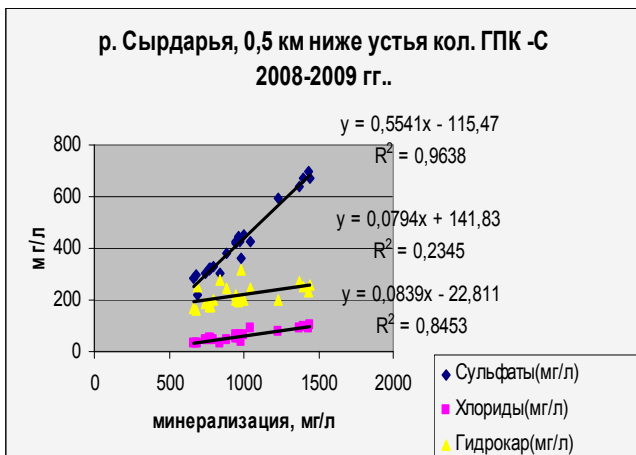
б



В



Г



Д

Рис. 3 - Зависимость изменения содержания главных ионов от величины минерализации воды р. Сырдарья у створов: а) Наманган (кишл. Каль); б) г. Бекабад – (выше города) выше сброса металлургического завода города; в) г. Бекабад – (ниже города), ниже сброса «Водоканал»; д) пос. Надеждинский; ниже устья кол. ГПК-С

Таблица 1 - Многолетние изменения гидрохимических характеристик речных вод бассейна  
р. Сырдарья в пределах Узбекистана по отдельным периодам

Река	Створ	Годы													
		1925-1950 гг.		1951-1960 гг.		1961-1970 гг.		1971-1980 гг.		1981-1990 гг.		1991-2000 гг.		2001-2011 гг.	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Нарын	Учкурган	0,28	СГ-МК	0,29	СГ-МК	0,29	СГ-МК	0,30	СГ-МК	0,30	СГ-МК	0,34	СГ-МК	0,42	СГ-МК
Карадарья	Кампыррават	0,30	СГ-МК	0,31	СГ-МК	0,32	СГ-МК	0,35	СГ-МК	0,40	СГ-МК	0,45	СГ-МК	0,50	СГ-МК
Карадарья	Учтпе	0,48	СГ-МК	0,49	СГ-МК	0,50	СГ-МК	0,52	ГС-МК	0,53	ГС-МК	0,60	ГС-МК	0,64	ГС-МК
Чирчик	Ходжикент	0,17	Г-НК	0,18	Г-НК	0,18	Г-НК	0,19	Г-НК	0,20	Г-НК	0,21	Г-НК	0,23	Г-НК
	Чиназ	0,34	СГ-МК	0,40	СГ-МК	0,44	ГС-НМК	0,65	ГС-НМК	0,72	ГС-НМК	0,71	ГС-НМК	0,72	ГС-НМК
Ахангаран	Турк (устье р. Ирташ)	0,12	СГ-МК	0,12	СГ-МК	0,13	СГ-МК	0,13	СГ-НК	0,14	СГ-НК	0,16	СГ-НК	0,20	СГ-НК
Ахангаран	Солдатское	0,32	СГ-МК	0,33	СГ-МК	0,44	СГ-МК	0,68	ГС-МНК	0,70	ГС-МНК	0,75	ГС-МНК	0,88	ГС-МНК
Сырдарья	г. Наманган (к. Каль)	0,40	СГ-МК	0,45	ГС-НМК	0,62	ГС-НМК	0,64	С-МНК	0,65	С-МНК	0,68	С-МНК	0,70	С-МНК
Сырдарья	г. Бекабад (к. Кызылкишлак)	0,42	СГ-МК	0,59	ГС-НМК	1,03	С-НМК	1,20	С-МНК	1,22	С-МНК	1,24	С-МНК	1,27	С-МНК

**Примечание:** 1-минерализация воды, г/л; 2- химический состав по преобладающим ионам и стадиям засоления; Х- хлоридный (СГ);  
С- сульфатный ( $SO_4^{2-}$ ); Г- гидрокарбонатный ( $HCO_3^-$ ); Н-натрий ( $Na^+$ ); К-кальций ( $Ca^{+2}$ ); М-магний ( $Mg^{+2}$ )

### **Выводы:**

До 1990 г. во всех перечисленных створах, а также на створах Учкурган - р. Нарын и Карабагиш – р. Карадарья наибольшие расходы воды наблюдались в мае-августе, наименьшие – в сентябре-марте, в апреле наблюдалось повышение расходов воды после зимней межени, а в августе их спад после летнего половодья.

Начиная с периода 1995-1996 гг. во внутригодовом режиме расходов воды наблюдаются значительные изменения из-за сбросов воды в зимний период из Токтогульского водохранилища. Поэтому расходы воды ноября-декабря могут превышать расходы воды летних месяцев;

В 1950-1960 гг. существенной разницы в минерализации и относительном составе от кишл. Учкурган на р. Нарын и до г. Казалинска на р. Сырдарье не наблюдалось. На всем этом участке минерализация воды изменялась в пределах 0, 25-0,40 г/л, а по составу вода была гидрокарбонатная-кальциевая (Г-К).

В последние годы минерализация воды в р. Нарын у г. Учкурган изменяется в пределах 0,30-0,35 г/л, по составу она сульфатно-гидрокарбонатная-натриево-магниевая-кальциевая (СГ-НМК). У створа Каль минерализация воды повышается до 0,95-1,0 г/л, состав воды становится сульфатным-магниевым-натриево-кальциевым (С-МНК).

При выходе реки Сырдарья на территорию Казахстана минерализация её воды повышается до 1,0-1,1 г/л, а состав воды меняется на сульфатный-магниевый-кальциевый-натриевый (С-МНК).

Протекая по территории Кыргызстана, Узбекистана, частично Таджикистана и Казахстана, Сырдарья значительно меняет свою водоносность и качественный состав. Так как во многих районах воду этой реки используют для питья, то это отражается на здоровье населения, приводя к увеличению инфекционных и других заболеваний, поэтому важно было изучить гидрологический и гидрохимический режим данной реки, так как она является трансграничной.

### *ЛИТЕРАТУРА:*

1. Чембарисов Э.И., Бахритдинов Б.А. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии. - Ташкент: Укитувчи, 1989. – 232 с.
2. Лесник Т.Ю. Гидрохимические особенности речных и коллекторно-дренажных вод бассейна реки Сырдарьи (в пределах Республики Узбекистан): Автореф. дис... канд. географ. наук. – Ташкент, 2004. – 21 с.
3. Чембарисов Э.И., Лесник Т.Ю., Чембарисова Э.И. Гидрохимия речных и коллекторно-дренажных вод бассейна реки Сырдарьи // Проблемы освоения пустынь. – 2004. - № 2. - С. 20-24.

УДК 681.5:627.8

## **ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ И ЗОН РИСКА ОТ ВОЗМОЖНОГО ПРОРЫВА ВЫСОКОГОРНЫХ ОЗЕР ТАШКЕНТСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Ф.Ш. Шаазизов**  
(НИИИВП при ТИИМ)

*In considered article are presented some results of the carried out researches on high-mountainous lakes of the Tashkent region. On the basis of the approached calculation method of a wave formed at destruction of a blocking natural dams of considered lakes, have been determined its basic parameters and are revealed zones of flooding on basins of the rivers Pskem and Koxsu at passage of a wave of break on the considered rivers. Results of the carried out calculations have been put on the digital map, created on platform ArcView 3.2a.*

*В рассматриваемой статье приводятся отдельные результаты проведенных исследований по высокогорным озерам Ташкентской области. На основе приближенной методики расчета прорывной волны, образующейся при разрушении преграждающих естественных плотин рассматриваемых озер, были рассчитаны и определены ее основные параметры и выявлены зоны затопления по бассейнам рек Пскем и Коксу при прохождении волны прорыва по рассматриваемым рекам. Результаты проведенных расчетов были нанесены на цифровую карту, созданную на платформе ArcView 3.2a.*

На современном этапе развития Республики Узбекистан, в частности, различных отраслей ее экономики отмечается определенный недостаток энергоресурсов. Данное обстоятельство требует в свою очередь введения дополнительных мощностей, использующих различные виды



источников энергии. Наиболее перспективной и с экологической точки зрения целесообразной на сегодняшний день является развитие возобновляемых источников энергии, и в частности, гидроэнергоресурсов.

Применительно к отрасли электроэнергетика, мощность установок на возобновляемых источниках энергии достигает сейчас более 25 % и имеет тенденцию увеличения. Наибольшую долю этого процента составляет ГЭС [1].

Наиболее перспективными в плане освоения гидроэнергоресурсов являются высокогорные реки горной системы Тянь-Шань, расположенные в северо-восточной части Ташкентской области. Большим гидроэнергетическим потенциалом обладают реки Пскем, Угам, Чаткал.

Потенциальные гидроэнергетические ресурсы р. Пскем составляют 3,6 млрд кВтч, из них технически возможные к освоению оцениваются в 2,9 млрд кВтч. Схемой использования гидроэнергетического потенциала реки Пскем на всем ее протяжении определена возможность строительства на ней 4 крупных ГЭС: Карангитугайской, Верхнепскемской, Пскемской и Муллалакской ГЭС суммарной установленной мощностью 1250 МВт [2].

Строительство крупных гидроэнергетических гидроузлов, создающих большие напоры для выработки электроэнергии на ГЭС, создает в свою очередь определенную опасность для нижерасположенных районов при возникновении на данных сооружениях аварий.

Анализ литературы, посвященной изучению вопросов безопасности гидротехнических сооружений, в частности плотин, показывает, что эти сооружения могут при возникновении на них аварий привести к чрезвычайным ситуациям на больших территориях. Вероятность аварий увеличивается при большом сроке эксплуатации сооружений, который превышает 30-40 лет. Анализ аварий, произошедших в результате разрушения плотин, указывает на их относительно высокую в среднем надежность, однако на каждую тысячу плотин приходится одна крупная авария или авария с тяжелыми последствиями (человеческие жертвы, большие материальные потери, экологические нарушения и др.) [3, 4, 5].

В долинах рек Пскем и Коксу расположены высокогорные озера, имеющие завальный тип происхождения, образованные в результате перекрытия русла рек большим объемом горной массы. Горные районы Ташкентской области насчитывают порядка десятка такого рода опасных высокогорных озер. К наиболее крупным относятся высокогорные озера завального типа Шаворкуль, Большой Ихнач, Нижний Ихнач и Коксу.

Высокогорные озера такого типа, как правило, образуются в результате происхождения стихийных бедствий (ЧС) природного характера – сильных землетрясений, оползневых процессов, селевых явлений.

Определить прочность и долговечность существования естественных плотин, преграждающих русло высокогорных озер, представляет большие трудности ввиду неизвестности структуры горной массы тела естественной плотины. Разрушения естественных плотин такого рода могут вызвать крупномасштабные разрушения и образование прорывной волны, которая, проходя вниз по течению реки, может затопить большие территории и вызвать крупные аварии и чрезвычайные ситуации на намечаемых к строительству крупных ГЭС.

В настоящее время отмечается наиболее интенсивное освоение под застройку и возделывание сельхозкультур прибрежных зон высокогорных рек, которые подвержены затоплению при прохождении паводковых вод, а также при прорыве вышерасположенных на них высокогорных озер и водохранилищ.

Все вышеуказанные обстоятельства впоследствии могут привести к большим человеческим жертвам и глобальным катастрофам в рассматриваемом регионе.

Поэтому на сегодняшний день одной из актуальных задач является расчет и определение параметров прорывной волны и зон затопления, с целью определения зон первоочередной эвакуации населения из населенных пунктов, расположенных на рассматриваемых территориях. А также разработка на их основе компьютеризированной системы поддержки принятия решений по выявлению опасных зон затоплений при прохождении прорывной волны. Данная система является наиболее удобным инструментом для осуществления мониторинга вышеуказанных задач и для реализации первоочередных мер по эвакуации населения из зоны бедствия и является полезным инструментом для МЧС РУз.

Задачами данных исследований являлось определение параметров прорывной волны, образующейся в результате прорыва естественных плотин данных озер, и определение зон подтопления прохождением волны прорыва с целью определения зон первоочередной эвакуации населения из населенных пунктов, расположенных на рассматриваемых территориях.

### ***Цели и задачи исследований***

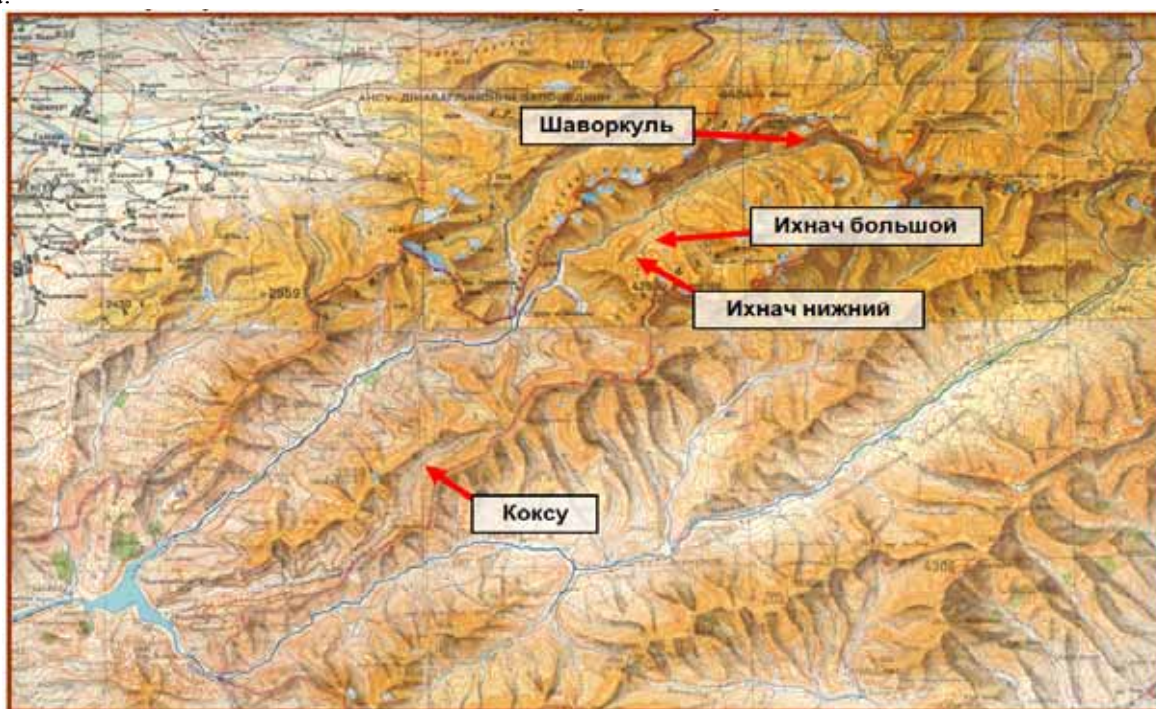
Основной целью проведенных исследований является оценка степени опасности и зон риска, а также оценка возможного ущерба от угроз возможного прорыва высокогорных озер Шаворкуль, Ихнач большой, Ихнач нижний, и Коксу (см. рис. 1).

Поставленная цель преследовала решение следующих задач:

- определение современного технического и безопасного состояния перегораживающих естественных плотин высокогорных озер;
- определение параметров прорывной волны, образующейся в результате прорыва естественных плотин данных озер;
- определение зон затопления в случае прохождения волны прорыва.

### ***Результаты исследований***

Для выполнения первой задачи исследований была организована экспедиция и проведены совместные со службами Узгидромет и МЧС РУз облеты и визуальные исследования общего технического состояния естественных плотин высокогорных озер Ташкентской области. Вместе с этим, на данном этапе проведения исследований были уточнены координаты расположения указанных высокогорных озер с целью нанесения их на цифровую карту на платформе ArcView 3.2.a.



*Рис. 1 - Схема расположения высокогорных озер Ташкентской области*

Для проведения расчетов и определения основных гидравлических параметров прорывной волны и определения зон затопления при прохождении данной волны был собран первичный материал, который был предоставлен Узгидрометом и картографическим центром «Узгеодезкадастр»:

#### *1) Узгидромет*

- Карты-схемы батиметрических съемок высокогорных озер Шаворкуль, Ихнач большой, Ихнач нижний, Коксу;
- Максимальные объемы озер;
- Длины пробега прорывной волны от вышеперечисленных озер до характерных объектов.

#### *2) Узгеодезкадастр (картографический центр)*

- Топографические карты масштабами М 1:100 000; М 1:50 000; М 1:25 000.

Для определения основных параметров прорывной волны, которая может образоваться в результате прорыва естественных плотин высокогорных озер Ташкентской области Шаворкуль, Большой Ихнач, Нижний Ихнач и Коксу на реках и саях были намечены расчетные створы.

На р. Пскем, которая питается из озера Шаворкуль, было намечено 12 расчетных створов.

На р. Ихначсай, которая питается от озер Большой Ихнач и Нижний Ихнач, было намечено 3 расчетных створа.

На р. Коксу, которая питается из озера Коксу, было намечено 5 расчетных створов.

Для проведения предварительной оценки зон затопления и выявления опасных зон затоплений, для целей безопасной застройки прибрежных территорий долин рек была использована методика приближенного расчета основных параметров прорывной волны.

Для конкретных условий, т.е. для двух сценариев возможного происхождения чрезвычайной ситуации (при полном разрушении естественной плотины и при разрушении плотины на половину), были определены параметры прорывной волны на каждом из намеченных сечений для полного и частичного разрушения плотины, соответственно (уровень вод. поверх. (макс)) и (уровень вод. поверх. (сред)).

На основе использования ГИС технологий была произведена оцифровка карты и определены масштабы и последствия прохождения прорывной волны и определены зоны затоплений на территории Ташкентской области до Чарвакского водохранилища (рис. 2).

Результаты проведенных исследований показывают, что максимальная волна прорыва, образующая при полном разрушении естественных плотин озер Шаворкуль, Ихнач большой и нижний в створе у входа в Чарвакское водохранилище составляет 7,5 метра. Минимальное и реально возможное время добегания волны прорыва до данного створа по реке Пскем составляет 1,058 час.

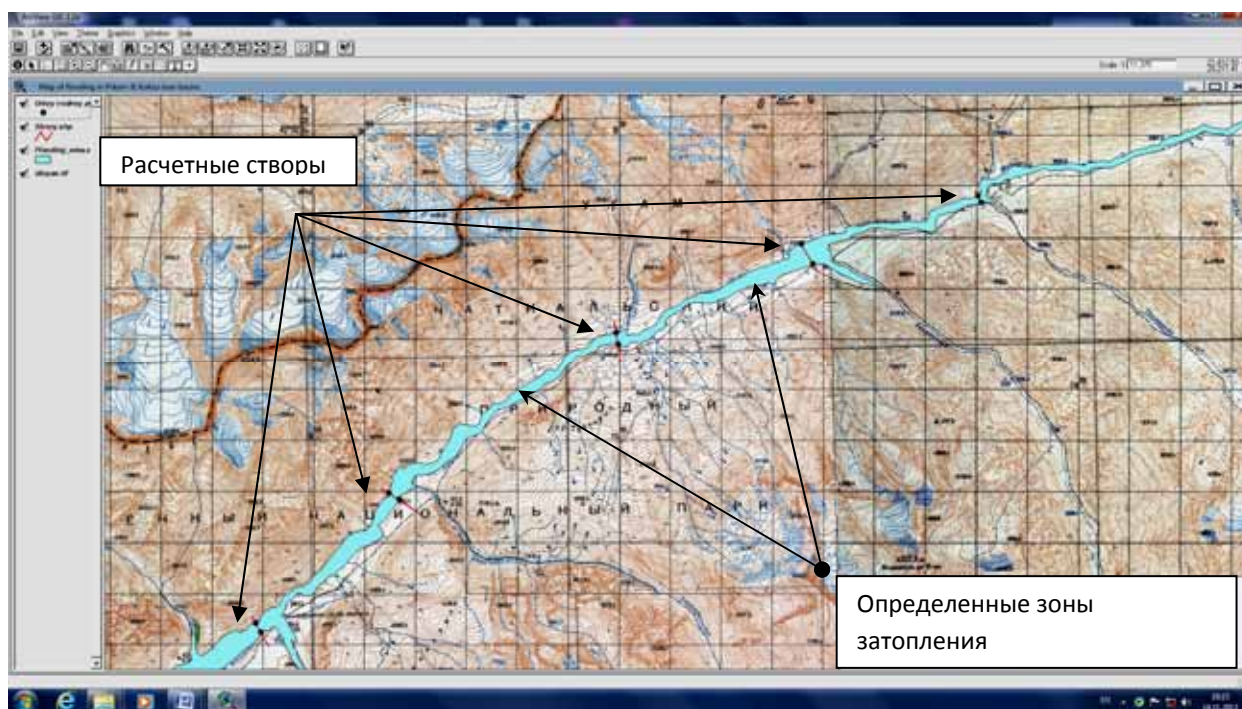


Рис. 2 - Оцифрованная карта выявления опасных зон затопления по рекам Пскем и Коксу на платформе ArcView 3.2.a

По реке Коксу результаты исследований показывают, что максимальная волна прорыва, образующая при полном разрушении естественной плотины озера Коксу в створе у входа в Чарвакское водохранилище составляет 16,6 метра. Минимальное и реально возможное время добегания волны прорыва до данного створа по реке Коксу составляет 0,3125 час.

Следует отметить, что все рассматриваемые высокогорные реки и саи протекают в глубоких и узких ущельях и высота прорывной волны, образующаяся при прорыве высокогорных озер, не представляют особой опасности для мест расположения данных рек, за исключением мест вливания рек Пскем и Коксу в Чарвакское водохранилище, где расположены населенные пункты.

#### **ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ**

- Проведено визуальное обследование современного состояния естественных плотин рассматриваемых высокогорных озер Ташкентской области.



- Визуальное обследование показало, что общее техническое состояние естественных плотин представленных высокогорных озер безопасно и не угрожает нижерасположенным территориям.

- Проведено моделирование возникновения ЧС на высокогорных озерах Ташкентской области в случае полного или частичного разрушения естественных плотин.

- По топографическому материалу были определены поперечные сечения русел рек Пскем и Коксу.

- По имеющейся методике расчета прорывной волны определены ее основные параметры, высота волны, скорость распространения волны прорыва на определенных расстояниях и время добегания данной волны до конкретных расстояний намеченных створов.

- По методике расчета были вычислены и нанесены на поперечные разрезы рек Пскем и Косу и на цифровую карту зоны возможных затоплений при полном и частичном разрушении плотин высокогорных озер.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Васильев Ю.С., Елистратов В.В. Современное состояние и проблемы развития гидроэнергетики и энергетики возобновляемых источников // Сб. трудов международной научно-практ. конф. «Современные проблемы гидроэнергетики». - Ташкент, 1997. - С. 5-6.

2. Естифеева А.Г. Технические и экологические аспекты гидроэнергетического освоения р. Пскем // Сб. трудов международной научно-практ. конф. «Современные проблемы гидроэнергетики». - Ташкент, 1997. - С. 11-14.

3. Пчёлкин В. И. Безопасность зданий и сооружений в зоне гидродинамических аварий на гидротехнических сооружениях. Технологии гражданской безопасности // Вестник ФЦ «ВНИИ ГОЧС». – 2004. - № 2 (4). - С. 66-69.

4. Шангареев С. Инженерная защита гидротехнических сооружений // Гражданская защита. – 2003. - № 5. - С. 25-26.

5. Шаазизов Ф.Ш. Опыт использования ГИС-технологий при разработке критериев безопасной эксплуатации особо крупных ГТС Республики Узбекистан/ Сб.тр. САНИИРИ «Мелиорация и водное хозяйство». - Ташкент, 2006. - С. 95-96.

6. Shaazizov F Computer supported system for the risk assessment and action recommendation for the water objects in Uzbekistan based on the databank already developed // «Biosaline agriculture & high salinity tolerance», Collection of articles of international scientific conference Tunis, 2006, с. 71-72.

УДК 529.71:556.5

## ОДИН ИЗ ПОДХОДОВ К ВОПРОСУ ПРОГНОЗА ОБЪЕМА СТОКА РЕКИ АМУДАРЬЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИЗМЕНЧИВОСТИ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

*Е. Шерматов, Д.Т. Палуанов, Х.М. Якубова*  
(НИИИВП при ТИИМ)

*Ушбу ишда Амударё дарёси оқими ҳажмининг динамик модели ҳақидаги масала кўриб чиқилмоқда. Кўп йиллик қатор фактик кузатишлар асосида Ер сайёраси Шимолий ярим шарининг ҳарорат режими ва Марказий Осиёнинг тақсимланиш қонуни ҳамда Куёш энергияси нурланишининг қувватига боғлиқ ҳолда Амударё дарёси оқими ҳажмининг динамик модели ишлаб чиқилган.*

*This article considers the dynamic model of the Amu Darya River runoff. Based on the long term observation series of the actual conditions the dynamic models were developed to investigate temperature changes of the Northern Hemisphere of the Earth and its distribution parameters in Central Asia as well as the dynamic model of the Amu Darya River flow depending on the energy of the solar radiation.*

*В данной статье рассматривается вопрос о динамической модели объема стока реки Амударья. На основе многолетних фактических рядов наблюдений разработаны динамические модели температурного режима Северного полушария планеты Земля и параметры закона распределения Центральной Азии, а также динамическая модель объема стока реки Амударья от зависимости мощности излучения энергии Солнца.*

Мысль о том, что учет колебания электромагнитного режима основного климатообразующего фактора Солнца может в принципе объяснить современную изменчивость климата, все шире проникает в настоящее время в сознание климатологов. В последнее столетие к этой точке зрения склоняются уже почти все исследователи, в частности, узбекские исследователи (К.В. Бродовицкий и П.П. Предтеченский, 1940). Н.А. Кенесарин (1960) говорил: «В многолетнем режиме грунтовых вод Узбекистана наблюдается одиннадцатилетний цикл с одним максимумом и одним минимумом. Максимум в многолетнем режиме грунтовых вод совпадает с периодом минимума солнечной фазы, а минимум с периодом максимума солнечной фазы. Продолжительность между максимумом и минимумом составляет 5,5 лет. Периоду максимума в одиннадцатилетнем цикле многолетнего режима грунтовых вод соответствует природный процесс соленакопления в почвогрунтах, а периоду минимума – природный процесс рассоления почвогрунтов». К такому заключению, но чисто опытным путем, пришли все климатологи и исследователи (В.П. Алисов, Л.С. Берг, В.Ю. Визе, В.А. Вильтес, А.О. Дроздов, В.Л. Дзорзеевский, Дружинин и др.), которые высказывались за более или менее определенную роль изменений солнечной активности в процессе формирования колебаний общей циркуляции, а через них, стало быть, и изменений климата. Итак, усиление солнечной активности теоретически означает общее оживление циркуляции земной атмосферы и гидросферы.

Таким образом, можно говорить, что гидрометеорологические и климатические проявления солнечной активности зависят от места и времени. Ввиду этого неизбежно приходится ввести, по-видимому, теоретически и практически весьма важное понятие о гелиоклиматических провинциях.

Под данной гелиоклиматической провинцией мы понимаем такой физико-географический район, все участки которого в течение рассматриваемого интервала времени однородным образом реагируют на изменения солнечной активности. Например, гелиоклиматическими провинциями можно считать Ферганскую долину, Голодную степь, Каршинскую степь, долины рек Зарафшан, Мургаб, Теджен, Сурхандарья, зону формирования и низовий реки Амударья.

#### **Методы и материалы**

Для обработки натурных данных по стоку реки Амударья и температуры воздуха были использованы корреляционный анализ и метод статистической вероятности. Объектом анализа послужил физический многолетний материал наблюдений:

- приземная температура воздуха, усредненная для территории охватывающей  $85-65^{\circ}$  северной широты за период с 1891-1986 гг.;
- солнечная активность – число солнечных пятен;
- мощность излучения радиоволн Солнца  $W/m^2$  за 1947-2000 гг.;
- ориентировочные среднегодовые расходы воды в реке Амударья у гидропоста г. Чарджоу,  $m^3/сек$ ;
- восстановленный годовой сток воды у гидропоста г. Керки,  $км^3/год$ ;
- среднегодовая приземная температура воздуха – метеостанция г. Ташкент, 1877-2007 гг.

Субъект исследований: годовой сток реки Амударья и температура воздуха северного полушария.

#### **Основная часть**

Водные запасы, их качественные и количественные характеристики являются одним из основных ресурсов, определяющим устойчивое развитие аграрного сектора и экономическое благосостояние государства. Поэтому, чтобы оценить динамику изменения параметров водных ресурсов, необходимо учитывать физическую основу формирования показателей климатической системы. Потенциальные изменения факторов, влияющих на реки Центральной Азии, принято делить на естественные и антропогенные.

Теория естественной изменчивости показателей климатической системы разрабатывается учеными разных стран мира. Существуют три гипотезы о колебаниях показателей климатической системы: температуры воздуха, влажности воздуха и водности года.

*Первая гипотеза* связана с изменчивостью водности года под воздействием антропогенных факторов, связанных с парниковым эффектом;

*Вторая гипотеза* обусловлена изменчивостью водности года в автоколебательном режиме, связанной с неравномерной скоростью вращения планеты Земля;

*Третья гипотеза* об изменчивости водности года под влиянием мощности излучения энергии Солнца.

В то же время, нет единого мнения в вопросе об изменчивости показателей климатической системы и водности года.

В связи с вышеизложенными гипотезами, нами, методом математической статистики, сделан корреляционный анализ приземной температуры усредненной для территории, охватывающей 85-65<sup>0</sup> северной широты, за период 1891-1986 гг. с учетом мощности излучения радиоволн Солнца. В результате исследований найдена функциональная зависимость температуры северного полушария планеты Земля от солнечной активности.

$$T_{85-65}^0 = 257,7945 + 0,0304\lambda(10,7) \pm 0,46^0 K \quad (1)$$

где  $T_{85-65}^0$  – усредненная температура воздуха для области 85-65<sup>0</sup> северной широты;

257,7945 – радиационная температура планеты Земля;

0,0304 – коэффициент теплопроводности воздуха за солнечный цикл для области 85-65<sup>0</sup> северной широты планета Земля за Солнечный цикл;

$\pm 0,456$  – доверительный интервал колебания температуры воздуха;

$\lambda(10,7)$  – мощность излучения радиоволн Солнца, W/m<sup>2</sup>.

В табл. 1 и 2 даны статистические оценки климатических характеристик и эмпирические уравнения взаимосвязи Солнце-Земля для Центральной Азии [1].

Таблица 1 - Статистические оценки климатических характеристик Средней Азии

Параметр загона	Высота станции над уровнем моря Н, м	Среднегодовое температура воздуха Т, °С	Среднегодовое осадки, мм
Среднее	350,614	13,34	232,35
Дисперсия	6561,230	4,98	14580,92
Коэффициент асимметрии	1,088	-3,56	0,7213
Коэффициент эксцесса	22,59	1577,78	41,35

Таблица 2 - Солнечно-земные эмпирические взаимосвязи Средней Азии.  $t=A+BP$ , °С

Параметр взаимосвязи	Мощность потока излучения Солнца и температура воздуха, °С	
	Прямая связь	Обратная связь
Коэффициент корреляции	0,7678	0,7992
Постоянные параметры		
A	-392,875	1338,6338
B	0,2976	1,9805
Средний многолетний		
P, W/m <sup>2</sup>	1365.7836	1365.7836
t °С	13.7081	13.7081
Дисперсия		
δ P	1,1401	1,1401
δ t	0,4420	0,4420

Таким образом, причиной изменчивости показателей климатической системы, а следовательно, и водности года является колебание мощности излучения энергии Солнца.

#### Методология

Формирование водных ресурсов стока рек и уровня залегания грунтовых вод (УГВ) может рассматриваться как совокупный эффект региональных климатических показателей:

- температура воздуха и почвы;
- абсолютная влажность воздуха;
- осадки;
- таяние ледников;
- испарение с водной поверхности и орошаемых полей.

Известно, что многолетние изменения речного стока и УГВ могут быть рассмотрены как взаимодействие между атмосферой и гидросферой. Это взаимодействие играет определяющую роль в вековых изменениях климата.

Формирование климатических параметров региона играет важную роль во взаимодействии Земли и Солнца, т.е. изменчивости излучательной способности Солнца.

Весь комплекс нестационарных процессов в солнечной атмосфере называют солнечной активностью. Наиболее распространенный индекс - это число Вольфа  $W$ , пропорциональное сумме общего числа пятен  $f$  и удесятеренного числа их групп  $\gamma$ :

$$W = K(f + \gamma) \quad (2)$$

где  $K$  – эмпирический коэффициент.

Число Вольфа обнаруживает колебания во времени со средним периодом около 11 лет (при изменении отдельных периодов от 7 до 17 лет). Кроме колебаний с периодом 11 лет, наблюдения позволили выявить ряд колебаний солнечной активности с другими периодами (27 сут, 22 года, 80-90 лет).

#### Мощность потока излучения Солнца

Международная комиссия по радиации рекомендовала принять мощность потока излучения Солнца в качестве стандартного значения солнечной постоянной (по Международной пиргелиометрическому принципу 1956 г.  $P_0=1,37$  кВт/м<sup>2</sup> или 1370 Вт/м<sup>2</sup>).

Широкие возможности для определения  $P_0$  появились в последние десятилетия на основе наблюдений мощности потока излучения солнечной радиации с помощью искусственных спутников Земли (ИСЗ). Согласно новейшим данным актинометрических измерений на спутниках, наиболее вероятное значение солнечной постоянной заключено в интервале 1360-1370 Вт/м<sup>2</sup> (максимальный разброс составляет 1322-1428 Вт/м<sup>2</sup> при отсутствии какой-либо регулярности изменения во времени).

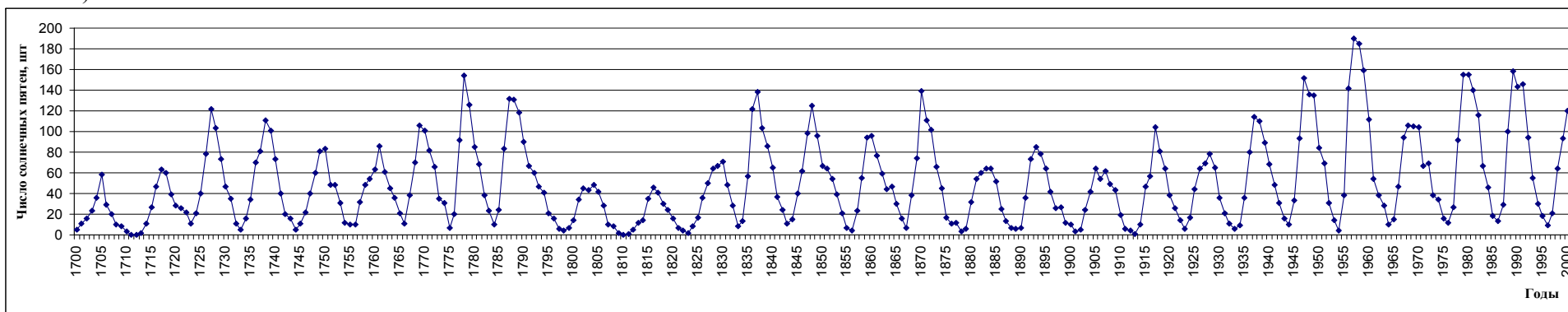
Принимая во внимание вышеизложенное, важнейшее значение имеет проблема выявления эмпирических связей солнечной активности с процессами и явлениями земной атмосферы, - так называемая проблема солнечно-земных связей. Чтобы определить уровень влияния солнечной активности стока реки Амударья, нами разработан следующий алгоритм расчетов:

Таблица 3 - Ориентировочные среднегодовые расходы воды реки Амударья у гидропоста г. Чарджоу, м<sup>3</sup>/сек. [6]

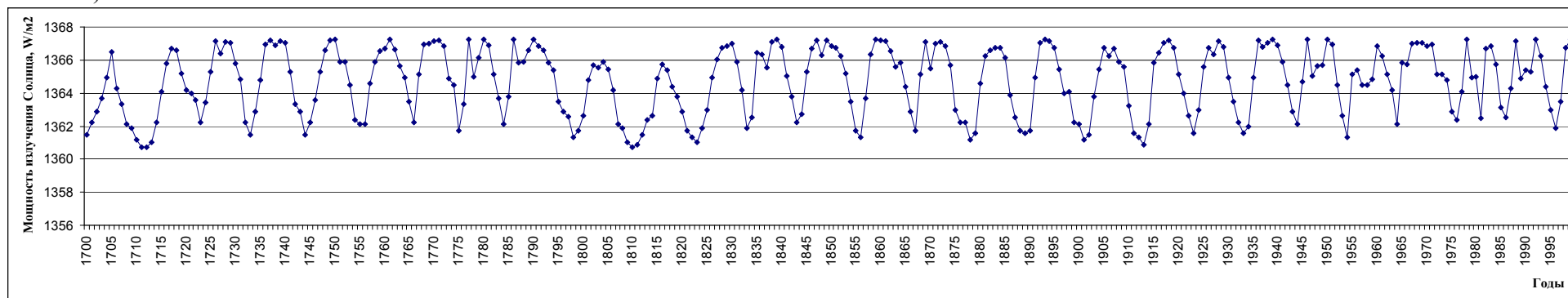
Годы	$P_0, \text{W/m}^2$	Расход воды		Среднегодовая	$Q, \text{км}^3$
		По Ермолаеву	По Шокальскому		
1	2	3	4	5	6
1887	1362,51	1380	1400	1390	43,83
1888	1361,72	1440	1460	1450	45,72
1889	1361,59	1480	1490	1485	46,83
1890	1361,72	1180	1140	1160	36,58
1891	1364,96	1660	1680	1670	52,66
1892	1367,06	2740	2720	2730	86,09
1893	1367,25	2140	2160	2150	67,80
1894	1367,17	1600	1620	1610	50,77
1895	1366,75	2180	2180	2180	68,74
1896	1365,45	2270	2280	2275	71,74
1897	1364,02	2510	2540	2525	79,62
1898	1364,01	2540	2570	2555	80,57
1899	1362,25	1890	1900	1895	59,76
1900	1362,12	2680	2700	2690	84,83
1901	1361,17	2160	2160	2160	68,11

Примечание:  $P_0$  рассчитана по формулам (3) и (4).

a)



б)



в)

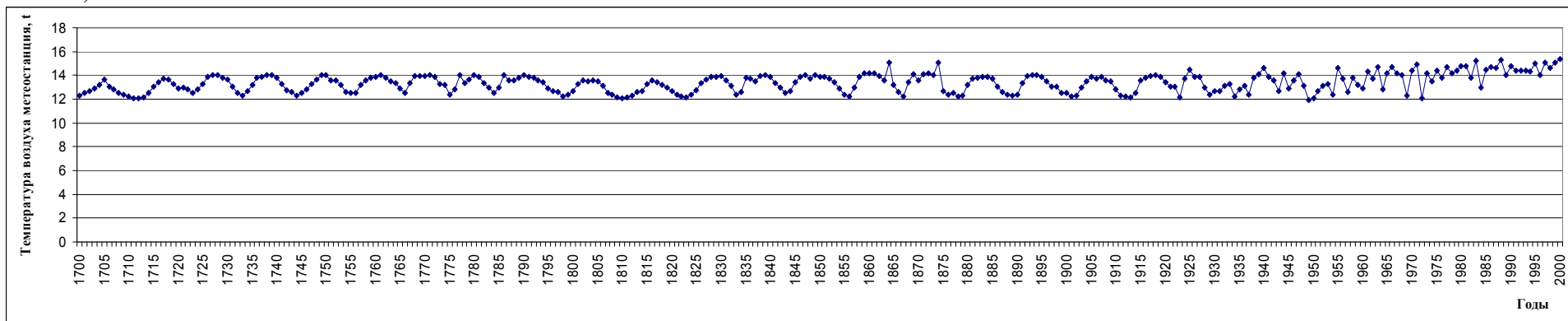
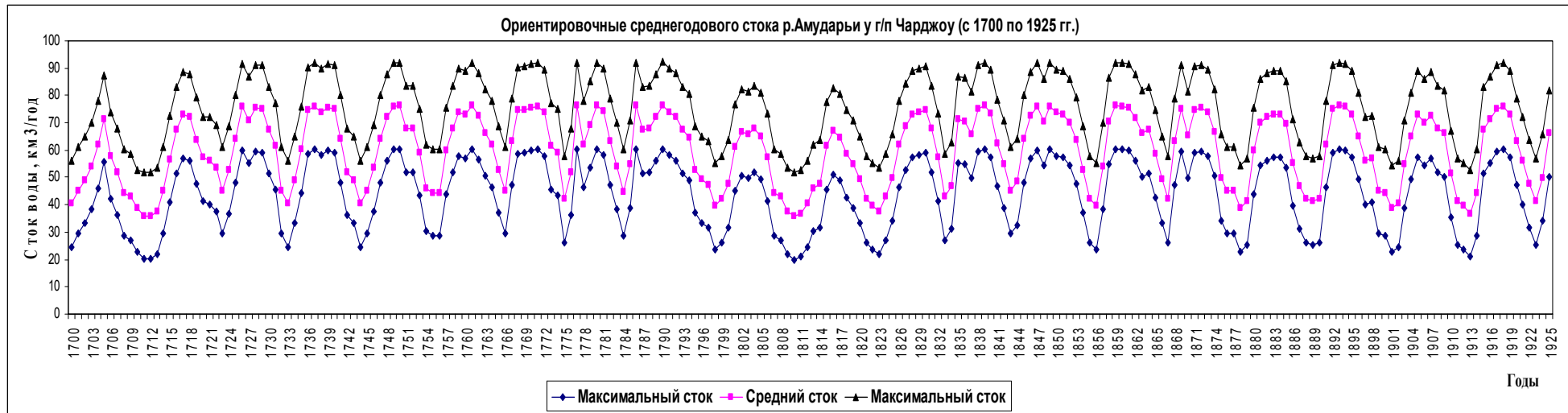
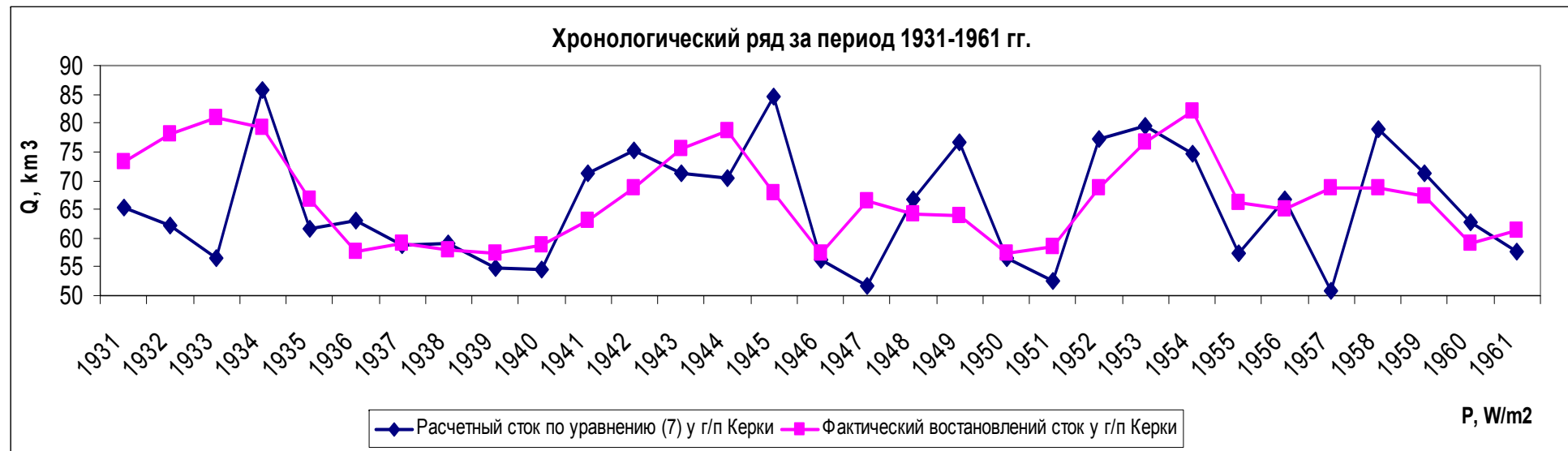


Рис. 1 - Хронологический ряд числа солнечных пятен (а), мощность излучения Солнца (б) и температура воздуха метеостанция Ташкент





*Рис 2 - Хронологический ряд за период с 1700 по 1925 гг.*



*Рис. 3 - Хронологический ряд за период с 1931 по 1961 гг*

**Шаг 1.** Эмпирическая взаимосвязь между показателями солнечной активности: число солнечных пятен и мощность потока излучения энергии Солнца в интервалах:

$$P_0 = (0 \div 132): P_0 = -8,193 \cdot 10^{-4} \cdot W^2 + 0,1462107 \cdot W + 1360,7475; \text{Вт/м}^2 \quad (3)$$

$$P_0 = (132 \div 240): P_0 = 4,41507 \cdot 10^{-4} \cdot W^2 - 0,16510303 \cdot W + 1379,9116; \text{Вт/м}^2 \quad (4)$$

где  $(0 \div 132)$  и  $(132 \div 240)$  – число солнечных пятен или число Вольфа;  
1360,7475 и 1379,9116 – предел колебаний энергии излучения Солнца уравнениях (3) и (4).

**Шаг 2.** Методом осреднения солнечных пятен за год находим среднее значение средней мощности потока излучения Солнца (табл. 3, графа 2).

**Шаг 3.** построим график зависимости стока (графа 6) от мощности потока излучения энергии Солнца  $P_0$  (графа 2)  $\text{W/m}^2$ .

**Шаг 4.** По стандартной программе методом корреляционного анализа определим уравнение эмпирической взаимосвязи от мощности потока излучения энергии Солнца.

#### Результаты исследований

Пример 1. Хронологический ряд за период с 1700 по 1925 гг. по формуле (5) представлен на рис 2.

$$Q_{\text{сток}} = 6,199P_0 - 8399,2835 \pm 15,8794; \text{км}^3/\text{Год} \quad (5)$$

Теснота Солнечно-земных взаимосвязи:  $R=0,8902$ .

Где  $Q_{\text{сток}}$  у гидропоста у г.Чарджоу.

Пример 2. Хронологический ряд за период с 1931 по 1961 гг. по формуле (6) представлен на рис 3.

$$Q_{\text{у.е.сток}} = 5754,5242 - 4,1669P_0 \pm 9,712; \text{км}^3/\text{Год} \quad (6)$$

где  $Q_{\text{у.е.сток}}$  – условно-естественный восстановленный сток у гидропоста г.Керки;

$P_0$  – мощность излучения энергии солнца,  $\text{W/m}^2$ ;

5754,5242 и 4,1669 – постоянные параметры Солнечно-земных взаимосвязей;

$\pm 9,712$  – доверительный интервал.

Теснота Солнечно-земных взаимосвязей:  $R=-0,814$ .

В связи с вышеизложенным становится понятным, что солнечно-обусловленное увеличение энергии циркуляции атмосферы и гидросферы должно сказываться, прежде всего, в обострении барического контроля экватор-полюс.

Понятно, что особую ценность в этих условиях имеют научно-обоснованные прогнозы природных процессов: расход воды реки Амударьи, Сырдарьи, Зарафшан и др., их химический режим, динамика мелиоративных показателей (уровень грунтовых вод, ее минерализация, засоленность почвогрунтов и урожайность сельскохозяйственных культур) с заблаговременностью в один год и более.

#### Заключение

Для раскрытия физических механизмов изменчивости климатической системы: температуры, абсолютной влажности воздуха, атмосферного давления и осадков необходима ежедневная комплексная оценка вышеизложенных параметров климата под влиянием Солнечной активности.

В заключение можно сделать следующие **выводы:**

1. Солнечная активность означает усиление изменений электромагнитных волн Солнца и изменений солнечной постоянной;

2. Усиление солнечной активности географически означает увеличение энергии общей циркуляции атмосферы и гидросферы;

3. Мерой энергии циркуляции служит интенсивность процесса общей циркуляции, последняя же, в основном, представляет собой воздухообмен между планетарными полюсами, т.е. котлом-нагревателем и холодильниками.

4. Анализ числа солнечных пятен (рис. 1а) ведется с 1700 года, а систематические наблюдения и измерения параметров Солнца с 1749 года. По номерам цикла 5, 6, 7 – солнечная активность была умеренно низкой, т.е. максимум солнечных пятен в цикле № 5 – 48 (1804 г.), цикле № 6 — 46 (1816 г.),

а в цикле № 7 — 67 (1829 г.). Максимальное число солнечных пятен наблюдалось в цикле № 19 в октябре 1975 г. – 253, а среднегодовое число солнечных пятен за период наблюдений с 1700 года - 190 шт. Хронологический ряд мощности излучения энергии Солнца (рис. 1б) показывает, что наблюдается увеличение излучательной способности. Если базисным годом взять 1700 год –  $12,2^{\circ}\text{C}$ , тогда в 2004 году –  $15,9^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовая температура воздуха за 304 года поднялась на  $3,7^{\circ}\text{C}$  (рис. 1в);

5. На основе имеющихся наблюдений (табл. 3) по стандартной программе рассчитан коэффициент солнечно-земных взаимосвязей (рис. 2) равный 0,8902, т.е. с увеличением излучательной способности Солнца годовой объем стока вода р. Амударьи увеличивается (5);

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Шерматов Е. Динамическая модель климатических показателей Средней Азии. Современное состояние подземных вод: проблемы и их решения. Материалы Международно-практической конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения Н.А. Кенесарина. Ташкент, 2008. С. 89-91.

2. Эйгенсон М.С. и др. Солнечная активность и ее земные проявления. – М. 1948.

3. Эйгенсон М.С. Солнце, погода, климат. – Ленинград, Гидрометеиздат, 1963.

Ресурсы поверхностных вод СССР, том 14, Средняя Азия. Выпуск 3. Бассейн реки Амударьи. – Л., Гидрометеиздат, 1971. - С. 289, табл. 114.

УДК 626.83

## ОҚИЗИҚЛАРНИ ТОЗАЛАШ ҚУРИЛМАСИНИНГ ПАРАМЕТРЛАРИНИ АСОСЛАШ

*Р.Р. Эргашев, Ў.Т. Жовлиев, А. Тошқулов*  
(ТИМИ)

*Мақолада йирик насос станцияси аванкамераси олдида ўрнатилган панжаралар олдида тутиб қолинган оқизиқларни тозалаб олиб ташловчи қурилма қамрағичининг тишлари ишчи шаклини асослаш бўйича ўтказилган назарий изланишларнинг натижаси келтирилган.*

*In article on motivation of the teeth form seizing device of cleaning machines for results of the basic researches are brought, and trash rack installed before antechamber in large pumping station.*

*В статье приведены результаты теоретических исследований по обоснованию формы зубьев захватывающего устройства сороочистной машины, сороодерживающей решетки установленной перед аванкамерой в крупных насосных станциях.*

Ўзбекистон Республикаси президенти И.А. Каримов томонидан 2013 йил 19 апрелда қабул қилинган “Суғориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини янада яхшилаш ва сув ресурсларидан оқилона фойдаланиш чора-тадбирлари тўғрисида”ги қароридан 2013 -2017 йиллар даврида ерларнинг мелиоратив ҳолатини янада яхшилаш, мелиорация ва ирригация объектлари тармоғини ривожлантириш, сув ресурсларидан оқилона ва тежамкорлик билан фойдаланиш, бунинг асосида қишлоқ хўжалиги ишлаб чиқаришининг барқарор ишлашини таъминлаш, ерларнинг унумдорлигини ошириш ҳамда қишлоқ хўжалиги экинлари ҳосилдорлигини кўпайтириш мақсадида ҳозирги вақтда долзарб ва ўта муҳим масалаларни, жумладан 35 та насос станцияларини қайта қуриш ва реконструкция қилиш, ирригация объектларидаги 13293 дона ва сув истемолчилари ассоциацияси ҳисобидаги 11533 дона насосларни таъмирлаш вазифалари қўйилган.

Ҳозирги вақтда Республикада асосий экин майдонларининг кўпгина қисмида етиштириладиган қишлоқ хўжалик маҳсулотлари насослар ёрдамида суғорилишини эътиборга олсак, насосларнинг бетўхтов ишлаши долзарб муаммолардан бўлиб ҳисобланади. Бу соҳада кейинги йилларда мавжуд насосларнинг ишончли ишлашини таъминлаш учун бир қатор ижобий ишлар амалга оширилмоқда. Маълумки, ҳозирги вақтда Республикада фойдаланилаётган насос станциялари асосан 80-йиллар бошларида қурилган ва улар ўзларининг эксплуатация муддатларини бажариб бўлган.

Насос агрегатларининг бетўхтов ишлаши уларни ташкил этувчи ҳар бир элементнинг ишончли ва бузилмасдан ишлашига бевосита боғлиқдир. Насослар турли сабабларга кўра ишдан чиқиши ва бузилиши мумкин. Бунда агрегатларнинг ҳар бир элементига таъсир қилувчи ташқи муҳитнинг таъсири катта бўлади.

Насос станцияларидан фойдаланишнинг кўп йиллик тажрибалари шуни кўрсатадики, насос қурилмалари асосан чўкинди ва сув юзасида сузувчи моддаларнинг насос станциясига тўғридан тўғри кириб келиши натижасида уларнинг ишдан чиқиши кузатилган.

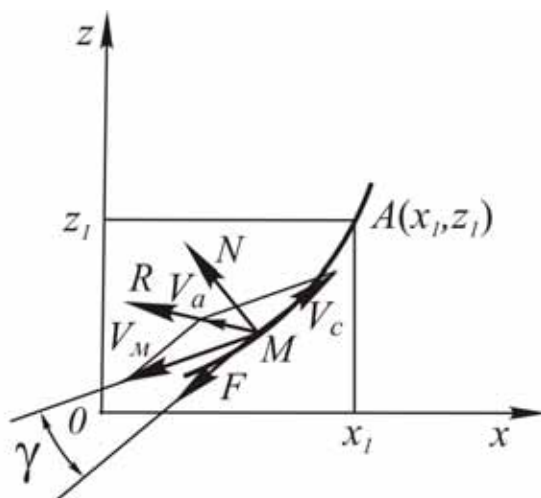
Демак, насос станцияларидаги қурилмаларнинг ишончли ишлашини таъминлаш учун сув билан бирга оқиб келаётган оқизикларни насос станцияларига кириб келишини олдини олиш катта аҳамиятга эгадир.

Вилоятлараро Аму-Бухоро машина канали Олот бўлими таркибига кирувчи Хамза-2- насос станциясига берилаётган сув билан бирга оқиб келаётган оқизиклар аванкамера олдида ўрнатилган панжаралар ёрдамида тутиб қолинади. 2006-2013 йилларда олиб борилган кузатувлар натижасида олинган маълумотларни тахлили натижасида оқизиклар панжаралар олдида бетартиб жойлашганлиги туфайли уларни тўлиқ олиб ташлаш учун янги такомиллаштирилган қурилма таклиф этилди. Бу қурилма ёрдамида оқизикларни тозалаб олиб ташлаш жараёни ўрганилганда, уларни тўлиқ олиб ташлаш учун иш жиҳозининг параметрларини тўғри танлаш талаб этилди.

Қурилма камрагичини тишлари ишчи сиртларининг шаклини асослаш учун тиш ишчи сирти билан оқизик бўлақларининг ўзаро таъсирланиш вақти минимал бўлган шартдан келиб чиқамиз. Бунда, биринчидан оқизикларни тишлар ишчи сирти бўйлаб енгил кўчиши таъминланади, иккинчидан технологик жараён минимал энергия сарфланган ҳолда бажарилади.

Ишчи сирти ихтиёрий эгри чизик шаклига эга бўлган (1-расм) тиш таъсири остида оқизик бўлақларининг  $ZOX$  координаталар системасидаги (бунда  $OX$  ўқи горизонтал,  $OZ$  ўқи эса тик йўналган) ҳаракатини кўриб чиқамиз. Бу координаталар системасида оқизик бўлақлари уларга таъсир этувчи нормал  $N$  ва ишқаланиш  $F$  кучларининг таъсири остида  $V_m$  тезлик билан айланма (кўчирма) ва тишларининг ишчи сиртлари бўйлаб  $V_c$  тезлик билан нисбий сирпанма ҳаракатда бўлади. Бунда оқизик бўлақларининг абсолют тезлиги  $V_a$  кўчима  $V_m$  ва нисбий  $V_c$  тезликларининг геометрик йиғиндисига тенг бўлади, яъни  $V_a = \sqrt{V_m^2 + V_c^2 - 2V_m V_c \cos \gamma}$  ҳамда  $N$  ва  $F$  кучларининг тенг таъсир этувчиси бўлган  $R$  кучи бўйлаб йўналади.

1-расмда келтирилган схемадан фойдаланиб,  $V_c$  тезликни  $V_m$  тезлик орқали ифодалаймиз, ҳамда оқизик  $M$  бўлагининг қурилма тиши ишчи сирти  $O(0,0)$  нуқтасидан  $A(x_1, z_1)$  нуқтасигача сирпаниш вақти  $t$  ни аниқлаймиз



1-расм - Қурилма тишлари ишчи сиртларининг шаклини асослашга доир схема

$$V_c = V_m \frac{\cos(\gamma + \varphi)}{\cos \varphi} = V_m (\cos \gamma - \sin \gamma \operatorname{tg} \varphi); \quad (1)$$

$$t = \int_0^{x_1} \frac{\sqrt{dx^2 + dz^2}}{V_c} = \int_0^{x_1} \frac{\sqrt{1 + (z')^2}}{V_m (\cos \gamma - \sin \gamma \operatorname{tg} \varphi)} dx. \quad (2)$$

Қурилма тишлари оқизикларни камраб олиш жараёнида  $V_m$  горизонтал йўналган деб, (2) ифодадаги  $\sin \gamma$  ва  $\cos \gamma$  ларни  $dx$  ва  $dz$  орқали ифодалаймиз

$$\sin \gamma = \frac{dz}{\sqrt{dx^2 + dz^2}} = \frac{z'}{\sqrt{1 + (z')^2}} \quad (3)$$

ва

$$\cos \gamma = \frac{dz}{\sqrt{dx^2 + dz^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+(z')^2}}. \quad (4)$$

Бу ифодаларни ҳисобга олганда (2) ифода қуйидаги кўринишга эга бўлади

$$t = \frac{1}{V_m} \int_0^{x_1} \frac{1+(z')^2}{1-z'tg\varphi} dx. \quad (5)$$

Бу ифодани қуйидаги шарт бўйича экстремумга тадқиқ этамиз

$$\frac{d}{dx}(F_{z'} + F_z) = 0, \quad (6)$$

бунда  $F_{z'}$  ва  $F_z$  – мос равишда  $F$  функциянинг  $z'$  ва  $z$  бўйича хусусий ҳосилалари;  $F$  – (6) ифоданинг интеграл остидаги функция.

(6) ифодага мувофиқ интеграл остидаги функция

$$F = \frac{1+(z')^2}{1-z'tg\varphi}. \quad (7)$$

Бу ифодадан кўриниб турибдики  $F$  функция  $z$  га боғлиқ эмас. Шу сабабли (6) ифода қуйидаги кўринишга эга бўлади

$$\frac{d}{dx} F_{z'} = 0 \quad (8)$$

Бу шартни бажариш учун

$$F_{z'} = \frac{\partial F}{\partial z'} = const \quad (9)$$

бўлиши лозим. Чунки фақат шундагина  $\frac{d}{dx} F_{z'} = 0$  шарт бажарилади.

(7) ифодадан  $z'$  бўйича хусусий ҳосила олиб, қуйидагига эга бўламиз.

$$\frac{\partial F}{\partial z'} = \frac{2z'(1-z'tg\varphi) + [1+(z')^2]tg\varphi}{(2-z'tg\varphi)^2}. \quad (10)$$

(9) ифодага биноан бу ифода ўзгармас катталиқка эга бўлиши керак, яъни

$$\frac{2z'(1-z'tg\varphi) + [1+(z')^2]tg\varphi}{(2-z'tg\varphi)^2} = C, \quad (11)$$

бунда  $C$  – ўзгармас катталиқ.

(11) ифодани  $z'$  га нисбатан ечиб, умумий ҳолда қуйидагича ёзиш мумкин

$$z' = f(\varphi) = const. \quad (12)$$

Бу ифода  $t$  экстремал қийматга эга бўлиши учун қурилма тиши ясси ишчи сиртга эга бўлиши лозимлигини кўрсатади, чунки фақатгина шундагина  $z' = const$  бўлиши таъминланади.

Қурилма тишларининг ишчи сирти ясси бўлганда (2) ифода қуйидаги кўринишга эга бўлади

$$t = \frac{\ell_T}{V_m(\cos \gamma - \sin \gamma g \varphi)}, \quad (13)$$

бунда  $\ell_T$  - қурилма тишлари ишчи сиртларининг узунлиги.

Демак, юқорида таъкидланганлар асосида шуни айтиш мумкинки, технологик жараёни кам энергия сарфлаган ҳолда талаб даражасида сифатли бажарилишини таъминлаш учун қурилма тишининг ишчи сирти иш ҳолатида горизонтга нисбатан 90-ф дан кичик бурчак остида ўрнатилган ясси юза кўринишида бўлиши лозим экан.

Қурилма тишлари орасидаги кўндаланг масофани қуйидаги ифода орқали аниқлаймиз

$$m = \ell_{\text{ўр}} - 3\sigma, \quad (14)$$

бунда  $\ell_{\text{ўр}}$  - оқизикнинг ўртача узунлиги;

$\sigma$  – оқизиклар узунлигининг ўртача квадратик четланиши.

Ўтказилган тадқиқотларимиз ва адабиётларда ёритилган материалларга асосан  $\ell_{\text{ўр}}=40\text{см}$ ,  $\sigma=\pm 2\text{см}$  қабул қилиниб, (14) ифода бўйича ва  $m \leq 34$  см бўлиши лозимлиги аниқланди.

Олинган маълумотлар асосида Хамза-2 насос станциясида панжаралар олдида тўпланган оқизикларни тозалаб олиб ташлаш қурилмасининг тажриба варианты тайёрланди ва фойдаланиш жараёнида синаб кўрилди.

#### АДАБИЁТЛАР:

1. Карелин В.Я., Новодережкин Р.А. Насосные станции гидротехнических систем с осевыми и диагональными насосами. - М.: Энергия, 1980. – 288 с.

2. Полонский Г.А. Механическое оборудование гидротехнических сооружений. — Изд. 3-е, перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982. — 352 с.

УДК 631.561.2:631.672.33

## СУВ ҲАВЗАЛАРИДА ҲАРОРАТ РЕЖИМЛАРИ ЎЗГАРИШИНИ ГИДРАВЛИК ҚОНУНИЯТЛАРИ

*А.Т. Эрназаров*  
(ТИМИ қошидаги ИСМИТИ)

*Ушбу мақолада сув ҳавзалари ҳарорат режимлари ишлашини ўзгаришини гидравлик қонуниятлари кўриб чиқилган. Технологик жараёнларни бошқариш назариясидан фойдаланиб шולי чекларидаги сувнинг ҳарорат режимларини ростлаш услублари ишлаб чиқилган.*

*In this article are considered hydraulic regularities of temperature conditions change of functioning of flowing water reservoir. Uses to theory of industrial process control methods of regulation temperature conditions water in rice bays are elaborated.*

*В данной статье рассматриваются гидравлические закономерности изменения температурного режима функционирования проточного водоема. С использованием теории управления технологическими процессами разработаны методы регулирования температурных режимов воды в рисовых чеках.*

Ўзбекистон – арид (қурғоқчилик) мамлакати ва унда сув ресурслари социал-иқтисодий ва экологик ривожланишни чеклайди, шунга кўра ўз аҳамияти моҳиятидан стратегик табиий ресурс мавқеини эгаллайди. Шунинг учун, Ўзбекистон Республикаси Конституциясининг 55- бандига асосан “ер, унинг бойликлари, ўсимлик ва ҳайвонот дунёси ва бошқа табиий ресурслари умуммиллий бойлик ҳисобланади, рационал фойдаланиши шарт ва давлат ҳимоясида”.

Орол денгизи ҳавзасида Ўзбекистон аҳолиси 1 км<sup>2</sup> майдон территориясига 55 киши атрофида зич жойлашган мамлакат ҳисобланади, ўз вақтида регион бўйича бу кўрсаткич бор йўғи 14 кишига 1 км<sup>2</sup> ни ташкил этади. Марказий Осиёнинг бошқа мамлакатларига нисбатан Ўзбекистон Республикаси аҳолисининг зичлиги суғориладиган деҳқончиликни ривожланишидан келиб чиқади. Аҳолини йиллик ўсиши Ўзбекистон Республикаси бўйича ўртача 350 мингни ташкил этади. Республиканинг умумий суғориладиган майдони 4,3 млн.га ни ташкил этади, шундан 2,0 млн.га – Сирдарё дарёси ҳавзасида ва 2,3 млн.га – Амударё дарёси ҳавзасидадир. Суғориладиган ерлар майдони 12 та вилоятлар ва битта Қорақалпоғистон автоном Республикасида жойлашган, бунда Сирдарё ҳавзасида 6 та вилоятлар (Андижон, Наманган, Фарғона, Тошкент, Сирдарё ва Жиззах) жойлашган, Амударё ҳавзасида эса – 6 та вилоятлар ва 1 та автоном республика (Сурхондарё, Самарқанд, Навоий, Бухоро, Қашқадарё, Хоразм вилоятлари ва Қорақалпоғистон Автоном Республикаси). Ўзбекистоннинг кўп вилоятларининг территориялари республиканинг турли табиий-иқлимий шароитларида жойлашганига кўра қурилган ирригация тизимлари сув билан таъминлаш, суғориладиган деҳқончиликни тарихий ривожланиши ҳамда атроф-муҳит шароитига таъсир этиш каби муҳим кўрсаткичларда жуда фарқ қилади.

Ҳозирги вақтда, мамлакатимиз аҳолиси учун анъанавий озуқа маҳсулоти шоли ҳисобланади, бироқ сув дефицити оқибатида мамлакатни бундай муҳим маҳсулот билан таъминлаш учун жуда кўп тўсиқлар мавжуд.

Шолини ишлаб чиқариш уларни махсус сув ҳавзаларида, уларни яшаш шароитини таъминлашни талаб этиши бирлик маҳсулотга жуда катта сув ҳаражатлари билан боғлиқ. Шу билан бирга, сув ҳавзаларида қуёш радиацияси таъсирида сув таркибидаги минерал тузларни буғланиб тўпланиш жараёни содир бўлади. Бу жараён сувнинг сифати ўзгариши туфайли шолчилик самарадорлигини камайишига, шунингдек сувни кейинги ишлатилишига тўлиқ яроқсиз бўлишига олиб келади. Шолчилик учун сув ҳавзалари гидравлик объектлар ҳисобланади. Табиатда сув-туз ва ҳарорат режимларини ростлашни, сувни оқизувчанлигини таъминлашдан бошқа усуллари йўқ. Сувни оқувчанлиги оқимни гидравлик кўрсаткичларини ўзгартириш билан белгиланади: сув ҳавзаларида сув оқими сарфи ва чуқурлиги сув-туз ва ҳарорат режимларини ростлайди.

Мазкур ишнинг долзарблиги аввалом бор турли халқ хўжалигига мўлжалланган сув ҳавзаларидаги сувнинг керак бўлган ҳарорат ва туз режимларини сақлашга ёрдам берадиган сув оқимининг оптимал гидравлик кўрсаткичларини аниқлашдан иборатдир. Бу Ўзбекистон Республикаси иқтисоди учун сувдан фойдаланиш ва сув истеъмоли самарадорлигини оширишига қаратилган масалаларни ечишни муҳим техник ечимидир.

Цилиндр шаклидаги шоли чекларида ҳароратнинг тақсимланиши ўзгариши ва сувни ҳарорат режимини таъминлаши ҳақидаги масалани кўриб чиқамиз. Шоли чекига  $T_{np}$  ҳароратни  $Q_0$  сув сарфи келиб тушишини фараз қилайлик. Натижада шоли чекида маълум вақт моментигача сув ҳажмини ўзгариши содир бўлмайди. Унда сув ҳажми ва ҳароратини баланси қуйидаги тенглама бўйича ифодаланади:

$$T_n W_0 + T_{np} \int_{t_0}^t Q_{np} dt - T \int_{t_0}^t Q_{ucn} dt - T \int_{t_0}^t Q_{фил} dt - T \int_{t_0}^t Q_{om} dt - T \int_{t_0}^t Q_{mp} dt \approx 0 \quad (1)$$

бу ерда  $W_0 - t_0$  вақт моментига шоли чекидаги сувнинг ҳажми;  $W_{ucn} = \int_0^t Q_{ucn} dt$  -буғланишга

кетган сув ҳажмининг йўқолиши;  $W_{филмп} = \int_0^t Q_{филмп} dt$  - сизилишга кетган сув ҳажмининг йўқолиши;

$W_{np} = \int_0^t Q_{np} dt$  - чекга сувнинг оқиб келиши;  $W_{трансп} = \int_0^t Q_{трансп} dt$  - шоли ва бегона ўтларни транспирация

қилишга кетган сув ҳажмининг йўқолиши;  $W_{om} = \int_0^t Q_{om} dt$  - чекдан сувнинг оқиб кетиши.

Шоли чекидаги сув ҳароратини ўзгаришини келтириш учун иссиқлик ўтказувчанлиги маълум тенгламадан фойдаланилади [1, 2]:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + U_r \frac{\partial T}{\partial r} = a^2 \left[ \frac{\partial T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right] \pm \frac{b^2}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \quad (2)$$

бу ерда  $U = \frac{q_0}{\pi R r}$  - радиал тезлик;  $q_0$  - шоли чекига сувнинг оқиб келиши;  $r$  - айланиш радиуси

$R$  бўйича кўриб чиқилаётган марказдан нуқтагача бўлган масофа;  $a$  - сувнинг иссиқлик ўтказувчанлиги;  $b$  - иссиқлик радиацияси коэффициенти.

Унда тенглама (2) қуйидаги кўринишни олади:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a^2 \frac{\partial T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} (a^2 \pm b^2 - \frac{q_0}{\pi R}) \quad (3)$$

$$\text{ёки } \frac{\partial T}{\partial t} = a^2 \left[ \frac{\partial T}{\partial r^2} + \frac{\lambda}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right] \quad (4)$$

бу ерда  $\lambda = 1 + \frac{b^2}{a^2} - \frac{q_0}{\pi R a^2}$ .

Тенгламани ечиш учун автомодел ўзгартирувчи киритилади:

$$\eta = \frac{r}{2\sqrt{a^2 t}}$$

Унда

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{q_0}{\pi R r} \frac{\partial T}{\partial r} = a^2 \frac{\partial T}{\partial r^2} + \frac{a^2 - b^2}{r^2} \cdot \frac{\partial T}{\partial r} \quad (5)$$

$$T = f'(\eta)$$

олинади, бунда

Бошланғич ва чегара шартлари киритилади:

$$r = 0, T = T_0, \eta = 0, f(0) = T_0$$

$t = 0, \eta \rightarrow \infty$  да  $T(r, 0) = T_H$  - ҳавзадаги бошланғич ҳарорати.

Юқоридаги шартлардан тенглама (3) ечими олинади:

$$T = T_0 + (T_H - T_0) \frac{\int_0^\eta (e^{\eta^2} \eta^\lambda) d\eta}{\int_0^\infty e^{-\eta^2} \eta^\lambda d\eta} \quad (6)$$

Агар ташқи тўлқинлатиш мавжуд бўлмаса, унда қуйидагига эга бўлинади:

$$\lambda = 0, T = T_0 + (T_H - T_0) \operatorname{erf}(\eta) \frac{\sqrt{r}}{2}$$

Унда

$$q_0^* = 1 - \frac{b^2}{a^2}, \text{ агар радиация мавжуд бўлмаса, унда } b = 0$$

Агар таъсир этувчилар йиғиндиси  $q_0^* + \frac{b^2}{a^2} - 1 = 1$  ёки  $q_0^* = 2 - \frac{b^2}{a^2} = 0$  тенглигига олиб келинса, ечим қуйидагича бўлади:

$$T = T_0 + (T_H - T_0) e^{-\eta^2} \quad (7)$$

(1) дан зарур бўлган ҳароратни ушлаб туриш учун сув ҳавзасидаги сув сарфи қийматини етарлича ўрнатиш учун қуйидаги боғлиқлик олинади:

$$Q_{np} = Q_{np}^0 \frac{t_0}{t} + \frac{T \left[ \int_{t_0}^t Q_{ucn} dt + \int_{t_0}^t Q_{физ} dt + \int_{t_0}^t Q_{om} dt + \int_{t_0}^t Q_{mp} dt \right] - W_0 T_H}{T * t} \quad (8)$$

Унда вақт ичида шולי чекидаги сув баланси ва территорияни метеорологик кўрсаткичларига боғлиқ бўлган ўзгариш учун тенглама қуйидагича аниқланади:

$$T = \frac{T_H W_0 + T_{np} \int_{t_0}^t Q_{np} dt}{\int_{t_0}^t Q_{ucn} dt + \int_{t_0}^t Q_{физ} dt + \int_{t_0}^t Q_{om} dt + \int_{t_0}^t Q_{mp} dt} \quad (9)$$



**Хулоса:** Ҳақиқий ва назарий тадқиқотлар асосида оқувчан сув хавзалари ҳарорат режимлари ишлашини ўзгаришини гидравлик қонуниятлари аниқланган. Технологик жараёнларни бошқариш назариясидан фойдаланиб шולי чекларидаги сувнинг ҳарорат режимларини ростлаш услублари ишлаб чиқилган.

*АДАБИЁТЛАР:*

1. Махмудова Д.Э., Эрназаров А.Т. Изменение минерализации воды в проточных водоемах // Проблемы механики. – Ташкент, 2006. – № 3. – С. 24-28.
2. Махмудов И.Э., Эрназаров А.Т. Температурный режим воды в замкнутых водоемах// Материалы Международной конференции. Современные проблемы механики. – Ташкент: 2009. – С. 113-115.

УДК:628.218

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕНОСА ГОМОГЕННОЙ СМЕСИ В ГИДРОМОРФНЫХ СРЕДАХ, ОБУСЛОВЛЕННОГО ИЗМЕНЕНИЕМ УРОВНЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

*С. Эшев, Н.К. Мурадов, Н.З. Маматов*

*(Каршинский инженерно-экономический институт)*

*Сув танқислиги шароитларида тўпроқнинг сув-минерал, органик режимларини истиқболлини белгилаш, қишлоқ хўжалиги экинларининг парвариши учун муҳим аҳамият касб этади. Шу сабабли мақолада келтирилган илмий-тадқиқот натижалари қишлоқ хўжалиги экинларини сугориши учун субиригация шароитларининг назарий асосларини яратиши имконини беради.*

*The forecast water-mineral, organic mode of irrigated ground with provision for deficit water resource gains special importance in connection with need of the maintenance water-mineral and organic mode at period growing agricultural cultures. In this connection, the got results of the studies enable making the conditions of sub-irrigation in zone of the irrigation of the agricultural cultures.*

*Прогноз водно-минерального и органического режима орошаемых почв с учетом дефицита водных ресурсов приобретает особое значение в связи с необходимостью поддержания водно-минерального и органического режима в период возделывания сельскохозяйственных культур. В связи с этим, полученные результаты исследований дают возможность создания условий субиригации в зонах орошения сельскохозяйственных культур.*

**Актуальность.** При движении гомогенной смеси в гидроморфных средах происходит очень сложный гидродинамический процесс, обусловленный движением многофазной среды: влаги, минеральных и органических элементов с одновременным вытеснением из пор почвы воздуха. В связи с этим, при описании процесса конвективного переноса примеси, который происходит, в основном, в вертикальном направлении, классическое уравнение диффузии выполняется удовлетворительно, если принять параметры диффузии, зависящими от высоты. Именно таким путем получены хорошо согласующиеся с многочисленными опытными данными законы распределения температуры и удельной влаги в почвогрунтах. В общем случае, когда концентрация примеси сильно меняется во всех направлениях в гидроморфных средах, применение трехмерного, многофазного уравнения диффузии может приводить к большим погрешностям.

**Постановка задачи.** В связи с этим, возникает необходимость гидравлического моделирования процесса переноса гомогенной смеси, позволяющего обойти это затруднение, основанного на том, что только в вертикальном направлении рассеяние по-прежнему описывается уравнением конвективной диффузии.

Концентрация примеси при рассеянии в трех направлениях находится как произведение решения уравнения для диффузии в вертикальном направлении на некоторую функцию [1]:  $f(y^2/\bar{y}^2)$ .

Средняя дисперсия частиц  $\bar{y}^2$  в общем случае складывается из относительной диффузии частиц гомогенной смеси. Относительная диффузия  $\bar{y}^2$  в областях разных масштабов происходит по различным законам, в частности [1]:

$$\overline{y^2} = ADt^3 \quad (1)$$

где:  $A$  - некоторый комплекс геологических условий, от которых зависит концентрация гомогенной смеси,  $D$  - коэффициент диффузии и  $t$  - время, в течение которого происходила диффузия.

**Гидравлическое моделирование.** Рассмотрим перенос гомогенной смеси, обусловленный повышением уровня подземных вод. Плоскость  $Oxy$  проведем по зеркалу грунтовых вод, ось  $Oz$  направлена вертикально вверх. Согласно вышеизложенного, будем искать концентрацию гомогенной смеси в виде [2, 3]:

$$C(x, y, z, t) = \frac{\exp(-\frac{y^2}{2y^2})}{\sqrt{2\pi y^2}} \mathfrak{Z}(x, z, t) \quad (2)$$

Заметим, что все последующие выводы легко обобщается для случая, когда

$$C(x, y, z, t) = \frac{f(y^2/y^2)}{\sqrt{2\pi y^2}} \mathfrak{Z}(x, z, t) \quad (3)$$

Рассмотрим параллелепипед (рис.1), размеры сторон которого вдоль  $Ox$  и  $Oz$  равны  $dx, dz$  соответственно, а вдоль  $Oy$  - безграничны. Тогда на основании свойства сохраняемости диффундирующей гомогенной смеси имеем:

$$\int_{Y=-\infty}^{Y=+\infty} (uc|_x dzdy - uc|_{x+dx} dzdy - \kappa(z) \frac{\partial c}{\partial z} \Big|_z dx dy + \kappa(z) \frac{\partial c}{\partial z} \Big|_{z+dz} dx dy) - (\frac{\partial c}{\partial t} dx dy dz) = 0 \quad (4)$$

где:  $\kappa$  - коэффициент водоотдачи почво-грунта,  $u$  - скорость фильтрации.

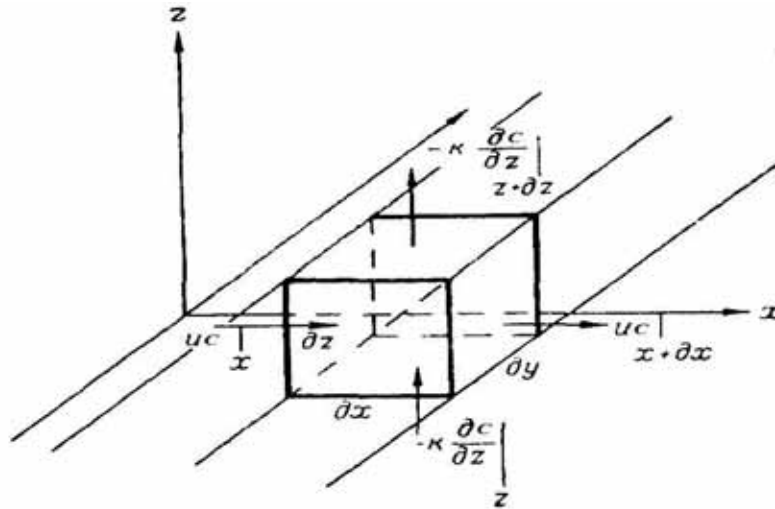


Рис. 1.

Откуда следует, что

$$\int_{Y=-\infty}^{Y=+\infty} (\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial uc}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial z} \kappa \frac{\partial c}{\partial z}) dy = 0 \quad (5)$$

На основании (2) и (4), для  $\mathfrak{Z}(x, z, t)$  получается дифференциальное уравнение:

$$\frac{\partial \mathfrak{Z}}{\partial t} + \frac{\partial u \mathfrak{Z}}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial z} \kappa \frac{\partial \mathfrak{Z}}{\partial z} = 0 \quad (6)$$

Функция  $\mathfrak{Z}$  представляет собой полное количество вещества в параллелепипеде бесконечной длины с единичным поперечным сечением, ориентированном по зеркалу грунтовых вод.

Теперь найдем установившееся поле концентраций гомогенной смеси от уровня грунтовых вод на глубине  $h$ , в которой влага, поднимаясь вверх, насыщается минеральными и органическими

элементами. Учитывая, что  $\mathfrak{I}(x, z)$  и на основании (6) дифференциальное уравнение имеет следующий вид:

$$u(z) \frac{\partial \mathfrak{I}}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} \kappa(z) \frac{\partial \mathfrak{I}}{\partial z} \quad (7)$$

Если рассматривается перенос гомогенной смеси от уровня грунтовых вод, то можно принять

$$u(z) = u_1 \left(\frac{z}{z_1}\right)^m, \quad \kappa(z) = \kappa_1 \left(\frac{z}{z_1}\right)^{1-\varepsilon}$$

Решение уравнения (7) должно удовлетворять граничным условиям:

$$\left. \begin{aligned} \mathfrak{I}(x, z)|_{x=0} &= \frac{M}{u(h)} \delta(z-h), \\ \kappa \frac{\partial \mathfrak{I}}{\partial z} - \mu \mathfrak{I}|_{z=0} &= 0, \\ \mathfrak{I}(x, z)|_{\substack{x \rightarrow \infty \\ z \rightarrow \infty}} &\rightarrow 0. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Здесь  $M$  - мощность зоны насыщения,  $\delta$  - функция Хэвисайда,  $\mu$  - насыщенность породы. Для очень слабо гигроскопичного грунта  $\mu = 0$  и для идеально адсорбирующей среды величина  $\mu$  меняется в больших диапазонах, потому что при соприкосновении с влагой грунтовая порода, даже насыщенная влагой до величины максимальной гигроскопичности, оказывается способной притягивать к себе новые порции влаги.

Решение выполним методом интегральных преобразований. Для этого умножим (7)

$$\text{на } \phi(\theta, z) = z^{\frac{\varepsilon}{2}} \left[ J_{\mu_n}(\theta \beta z^\gamma) + \frac{\kappa_1 \varepsilon}{\mu z_1^{1-\varepsilon}} \cdot \frac{\Gamma(1-\mu_n)}{\Gamma(1+\mu_n)} \left(\frac{\theta \beta}{2}\right)^{2\mu_n} J_{-\mu_n}(\theta \beta z^\gamma) \right] \quad (9)$$

$$\mu_n = \theta_m - m, \quad \gamma = \theta_m - \varepsilon, \quad \beta = \frac{1}{\gamma} \sqrt{\frac{u_1}{\kappa_1} z_1^{1-m-\varepsilon}}$$

где:  $\Gamma(1-\mu_n)$  - гамма функция,  $\mu_n$  - коэффициент водоотдачи,  $\gamma$  - коэффициент насыщения,  $\theta$  - влажность грунта,  $\theta_m$  - влажность грунта в насыщенном водой состоянии (под свободной поверхностью),  $\varepsilon$  - влажность грунта в воздушно-сухом состоянии (над свободной поверхностью грунтовых вод),  $m$  - влажность стыковой воды; проинтегрируем полученное соотношение по  $z$  от 0 до  $\Omega$  - до уровня корневой системы растения. Воспользовавшись тем, что  $\phi(\theta, z)$  удовлетворяет следующим соотношениям:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dz} \kappa(z) \frac{d\phi}{dz} = -\theta^2 u(z) \phi, \quad \kappa \frac{d\phi}{dz} - \mu \phi|_{z=0} = 0, \quad \text{получим} \\ \frac{d}{dx} \int_0^\Omega u(z) \mathfrak{I}(x, z) \phi(\theta, z) dz + \theta^2 \int_0^\Omega u(z) \mathfrak{I}(x, z) \phi(x, z) dz = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

Из (8) и (10) найдем, что  $\int_0^\Omega u(z) \mathfrak{I}(x, z) \phi(\theta, z) dz = M \phi(\theta, h) \exp(-\theta^2 x)$ . После подстановки

выражения для  $\phi(\theta, z)$  получим окончательно:

$$\mathfrak{I}(x, z) = \frac{2Mz_1}{\kappa_1(m+\varepsilon+1)} \left(\frac{hz}{z_1^2}\right)^{\frac{\varepsilon}{2}} \int_0^\Omega \exp(-\theta^2 x) \cdot \frac{[J_{\mu_n}(\theta \beta z^\gamma) + a J_{-\mu_n}(\theta \beta z^\gamma)] \cdot [J_{\mu_n}(\theta \beta h^\gamma) + a J_{-\mu_n}(\theta \beta h^\gamma)]}{1+a^2+2a \cos \pi \mu_n} \cdot \theta d\theta \quad (11)$$

$$\text{Здесь: } a = \frac{\kappa_1 \varepsilon}{\mu z_1^{1-\varepsilon}} \frac{\Gamma(1-\mu_n)}{\Gamma(1+\mu_n)} \left(\frac{\theta \beta}{2}\right)^{2\mu_n}$$

### Численные эксперименты с использованием гидравлической модели.

Практическое применение гидравлической модели движения концентраций гомогенной смеси в теле почво-грунта осуществляется для следующих случаев:

1. Почво-грунт - идеально адсорбирующая среда ( $\mu = \infty$ ,  $a = 0$ ), при  $\varepsilon > 0$

$$C_1(x, y, z) = \frac{\exp(-\frac{y^2}{2y^2})}{\sqrt{2\pi y^2}} \mathfrak{Z}(x, z) = \frac{Mz_1}{\kappa_1 x(m + \varepsilon + 1)} \frac{(\frac{hz}{z_1^2})^{\frac{\varepsilon}{2}}}{\sqrt{2\pi y^2}} \exp(-\frac{y^2}{2y^2} - \beta^2 \frac{z^{2\gamma} + h^{2\gamma}}{4x}) \cdot I_{-\mu_H}(\frac{\beta^2 z^\gamma h^\gamma}{2x}); \quad (12)$$

2. Почво-грунт близок к идеально отражающей среде ( $\mu = 0$ ,  $a = \infty$ )

$$C_2(x, y, z) = \frac{Mz_1}{\kappa_1 x(m + \varepsilon + 1)} \frac{(\frac{hz}{z_1^2})^{\frac{\varepsilon}{2}}}{\sqrt{2\pi y^2}} \exp(-\frac{y^2}{2y^2} - \beta^2 \frac{z^{2\gamma} + h^{2\gamma}}{4x}) \cdot I_{-\mu_H}(\frac{\beta^2 z^\gamma h^\gamma}{2x}) \quad (13)$$

Важной характеристикой полей концентраций является расстояние  $z_m^1$  от уровня грунтовых вод, на котором поглощается наибольшее количество вещества в случае 1 и расстояние  $z_m^2$ , на котором изменение концентрации максимально в случае 2.

Ряд теоретических исследований турбулентного рассеяния для интересующих нас масштабов показывает, что [1]:  $\overline{y^2} = Ax^n$ , причем  $1 \leq n \leq 3$ . При таком предположении после несложных вычислений нетрудно получить:

$$z_m^1 = \frac{(\beta h^\gamma)^2}{4(1 + \mu_H + \frac{n}{2})}; \quad z_m^2 = \frac{(\beta h^\gamma)^2}{4(1 - \mu_H + \frac{n}{2})},$$

в естественных гидрогеологических условиях концентрация вещества удовлетворяет неравенству  $C_1 < C < C_2$ .

**Натурные эксперименты.** Экспериментальный участок площадью 55 га под хлопчатником расположен на территории села «Истикбол» Каршинского района Кашкадарьинской области. По природно-климатическим условиям участок исследований относится к зоне южных полупустынь. Климат характеризуется повышенными среднегодовыми температурами воздуха, жарким летом и теплой зимой, малым среднегодовым количеством осадков (251 мм/год). Максимальное количество осадков 185 мм (74 %) выпадает в течение сравнительно короткого зимне-весеннего периода, что определяет необходимость искусственного орошения сельскохозяйственных культур. Территория экспериментального участка в геоморфологическом отношении представляет собой сложное сочетание четвертичных отложений аллювиальных равнин древней дельты Кашкадарьи. По северной части экспериментального участка проходит река Кашкадарья, а в восточной части - магистральный канал «Оби-хаёт». Уникальность данного участка ещё и в том, что здесь расположено 7 наблюдательных скважин Кашкадарьинской гидрогеологической экспедиции. Данное обстоятельство дает хорошую возможность для изучения динамики изменения грунтовых вод во взаимосвязи с поверхностными водами в период вегетации, а также процесса переноса влаги, минеральных и органических веществ в верхних слоях зоны аэрации, обусловленных изменениями уровня грунтовых вод.

Согласно методике натурного исследования произведены замеры уровня грунтовых вод в скважинах и, одновременно, получены показатели расхода воды расположенных вблизи экспериментального участка гидропостов магистрального канала «Оби-хаёт» и р. Кашкадарья. Результаты натурных исследований показывают, что в пределах исследуемой территории глубина залегания грунтовых вод колеблется в довольно широких пределах (от 1 до 3,5 метров). Отметка залегания первого водоупора от поверхности земли составляет около 27 метров. Уровненный режим грунтовых вод имеет ирригационный характер с «пиками», вызванными проведением вегетационных поливов. Результаты опыта представлены в *таблице 1*.

Таблица 1

Место отбора	Площадь, га	Горизонт, см	Влажность, %	Минеральные вещества					
				Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaCl	Общая концентрация
Хлопковая поля Ф/Х «Азизкул бобо»	55	0-40	3,921	0,012	0,067	0,055	0,104	0,026	0,245
		40-70	4,462	0,009	0,041	0,035	0,067	0,012	0,194
		70-150	7,960	0,004	0,031	0,015	0,028	0,008	0,125

Результаты натуральных исследований показывают, что влажность всего полтора метрового слоя уменьшилась примерно на 50 %, а общая концентрация минеральных веществ передвинулась вверх. В горизонте 0-40 см наблюдаются значительные накопления минеральных веществ. То есть, верхний слой почвы, теряя часть влаги через испарение, вновь пополняет эту потерю за счет влаги более глубоких слоев, которая, в силу капиллярности, поднимается до высыхающей поверхности. Таким образом, испаряющаяся с поверхности и притекающая снизу вверх путем капиллярности влага выносит растворимые в ней вещества на поверхность почвы. Натурными исследованиями также установлено, что для данного экспериментального участка значения коэффициентов:  $\mu_n = 0,04-0,35$ ,  $\gamma = 0,05 \div 0,25$ .

Используя натурные параметры объекта исследования, проведено численное решение уравнений (12,13). Для проверки на адекватность гидравлической модели результаты численного решения уравнения сопоставили с результатами натуральных исследований. Сходимость результатов удовлетворительна, погрешность не более 5 %.

**Вывод:** Разработанные нами гидравлические зависимости учитывают близкий к реальным условиям процесс переноса влаги, минеральных и органических веществ в верхних слоях зоны аэрации, обусловленный изменениями уровня грунтовых вод.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Decon E. Vertical diffusion in the lowest layers of the atmosphere. Quart. J.Roy. Met. Soc.,65, No 233, 2009.
2. Махмудов И.Э. Диффузионное перемешивание воды в системе водоснабжения // Мир науки, культуры, искусства / СО РАН – 2008. - № 8. - С. 29-32.
3. Махмудов И.Э., Эшев С., Мурадов Н. Гидравлическая модель процесса переноса гомогенной смеси в гидроморфных средах, обусловленного изменением уровня подземных вод // Проблемы механики. – 2013. - № 2. - С. 27-31.

УДК 532.5

## ОБТЕКАНИЕ ИДЕАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ С РАЗВЕТВЛЕНИЕМ

*Г.Г. Юнусов, З.Р. Хужаназаров, Д.П. Наврузов*  
(Бухарский инженерно-технологический институт, ТИИМ)

*Маколада шахобчаларга ажралган каналда идеал оким модели курилган.*

*In the article explores a mixture of ideal fluid flow in a channel with a branch.*

*В статье рассматривается течение смеси идеальной жидкости в канале с разветвлением.*

Как установлено, при течении жидкости с жидкими или твердыми частицами в канале с боковым отводом в окрестности зоны разветвления появляется неоднородность характера течения, которая особенно резко заметна вблизи острых точек стенки канала. Возникновение этих явлений происходит за счет местных вихрей, которые, развиваясь, превращаются в завихренную зону в области разветвления [1-5]. Разветвление сильно влияет на гидродинамические параметры течения в канале, что необходимо учитывать при проектировании гидротехнических сооружений и расчете распределения водных ресурсов по потребителям. Возникновение зоны каверны обуславливает появление области ускоренного входа, и зоны возвратной струи в боковой канал. Возвратная струя уменьшает расход по боковому каналу.

В работах [1-3, 5] рассмотрены проблемы существования первых интегралов для течения смеси идеальных жидкостей как с постоянной, так и переменной концентрацией и доказано их присутствие.

В работах [5, 6] разработан метод решения задач о струйном течении смеси идеальных жидкостей. В [2] получено решение ряда задач обтекания и истечения смеси с постоянной концентрацией. Нами выполнено аналитическое решение поставленной задачи для случая струйного течения смесей в модели Эфроса (возвратная струя в окрестности разделения потока) (рис. 1) [7].

Рассмотрим течение двухфазной смеси идеальных жидкостей в канале с боковым отводом. Предположим, что канал шириной  $H$  имеет боковой отвод шириной  $h_c$ , наклоненный под углом  $\chi\pi$  к основному каналу.

Течение смеси плоское, потенциальное, стационарное, а концентрации в потоке смеси постоянны, жидкости идеальные, несжимаемые.

Течение смеси жидкостей происходит под действием перепада давлений в основном горизонтальном ( $\Delta P_F = P_A - P_F$ ) и боковом канале, составляющим угол  $\chi\pi$  с основным каналом (см. рис. 1.).

Для решения этой задачи применены известный метод Н.Е. Жуковского и методы ТФКП [2, 6, 8]. Давление определяется равенством [8, 9, 10, 11]:

$$P + \frac{\rho_1 V_1^2 + \rho_2 V_2^2}{2} = P_0 + \frac{\rho_1 V_{10}^2 + \rho_2 V_{20}^2}{2} = const, \quad (1)$$

где  $\rho_1, \rho_2$  - приведенные плотности фаз смеси жидкостей;  $V_1, V_2$  - модули скоростей частиц смеси жидкостей в области течения;  $V_{10}, V_{20}$  - модули скоростей частиц смеси жидкостей на струе;  $\rho_n = \rho_{ni} \cdot f_n$ ,  $\rho_{ni}$  - истинные плотности фаз;  $f_n$  - объемные концентрации фаз ( $n=1,2$ ).

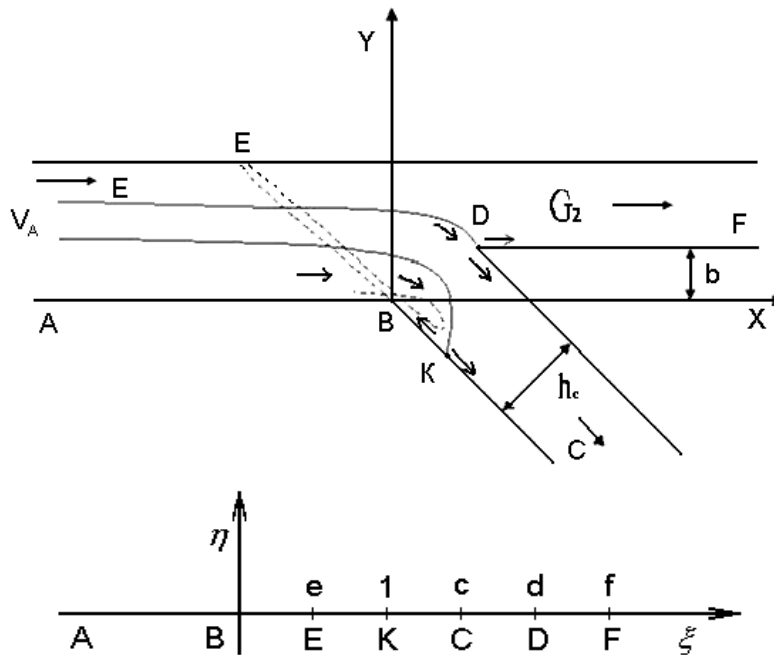


Рис. 1 - Модельная схема течения

Пользуясь граничными условиями

Вдоль: $AB$	$\eta = 0$	$-\infty < \xi < 0$	$\text{Im } w = \theta = 0$ ,
Вдоль: $BC$	$\eta = 0$	$0 < \xi < c$	$\text{Im } w = \theta = -\chi_1\pi$ ,
Вдоль: $CN$	$\eta = 0$	$c < \xi < n$	$\text{Im } w = \theta = -\chi_1\pi$ ,
Вдоль: $NL$	$\eta = 0$	$n < \xi < 1$	$\text{Re } w = \tau = 0$ ,
Вдоль: $LM$	$\eta = 0$	$1 < \xi < m$	$\text{Re } w = \tau = 0$ ,
Вдоль: $ME$	$\eta = 0$	$m < \xi < e$	$\text{Im } w = \theta = \chi_2\pi$ ,
Вдоль: $EF$	$\eta = 0$	$e < \xi < f$	$\text{Im } w = \theta = \chi_2\pi$ ,
Вдоль: $EA$	$\eta = 0$	$f < \xi < +\infty$	$\text{Im } w = \theta = 0$ .

и введя в рассмотрение верхнюю полуплоскость  $G_0$  (её действительная ось соответствует границе области течения  $G_Z$ ), а также применяя известную интегральную формулу Шварца, определяем поле скоростей каждой фазы в области  $G_0$

$$\bar{V}_n = V_{n0} [F(1; \xi)]^{2\lambda} [F(k; \xi)]^{1-2\lambda}, \quad (2)$$

где

$$F(\lambda, \xi) = \frac{\sqrt{e} \sqrt{\xi - \lambda}}{\sqrt{\xi - e} + \sqrt{\xi} \sqrt{|\lambda - e|}}$$

Здесь  $\lambda = \{1; k\}$ . Применяя метод особых точек С.А. Чаплыгина, получим

$$\frac{dW_n}{d\xi} = W'_n(\xi) = -\frac{q_n}{\pi} \frac{(\xi - k)(\xi - 1)}{(\xi - e)(\xi - f)(\xi - c)}, \quad (3)$$

где  $q_n$  - секундный расход  $n$ -ой фазы смеси в начале канала (при  $\eta = 0$ ,  $\xi \rightarrow \infty$ ). Пользуясь равенствами (2), (3) и интегралом Бернулли (1), находим выражение для функции отображения области течения  $G_Z$  на область  $G_0$  [2]

$$Z(\xi) = -\frac{\Phi_0 F_0}{\pi} \int_0^\xi \Gamma(t) dt, \quad (4)$$

Где

$$\Gamma(t) = \frac{(t-d)(t-1)}{(t-e)(t-f)(t-c)} [(F(1,t))^{2-4\lambda} (F(d,t))^{2\lambda}]$$

Здесь

$$F_0 = \sqrt{\frac{1 + \frac{\rho_{2i}^2 f_2^2 V_{2A}^2}{\rho_{1i}^2 f_1^2 V_{1A}^2}}{1 + \frac{\rho_{1i} V_{2A}^2}{\rho_{2i} V_{1A}^2}}}, \quad f_2 = 1 - f_1, \quad \Phi_0 = |F(1,t)|^{2-4\lambda} |F(d,t)|^{2\lambda}, \quad (5)$$

где  $f_1, f_2$  - концентрации обеих фаз смеси,  $\rho_{1i}, \rho_{2i}$  - истинные плотности обеих фаз смеси,  $V_{1A}, V_{2A}$  - модули скоростей частиц обеих фаз в начале канала.

Из равенства (3) находим секундные расходы каждой фазы, вычисляя вычет в окрестностях точек F и C (при  $\eta = 0, \xi = c$  и  $\xi = f$ ):

$$\left. \begin{aligned} q_{nc} &= \frac{(c-d)(c-1)}{(c-e)(c-f)} q_{nA} \\ q_{nf} &= \frac{(f-d)(f-1)}{(f-e)(f-c)} q \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Количество каждой фазы жидкой смеси, собирающейся в окрестности точки разветвления В, будет равным

$$q_{nE} = \frac{(e-d)(e-1)}{(e-f)(e-c)} q_{nA} \quad (7)$$

Здесь  $q_{nA}, q_{nE}$  - секундные расходы фаз в начале (А) основного канала и в зоне кавитации (Е). Из условия сохранения массы имеем

$$\hat{h}_E + \hat{h}_C \Phi_C + (1 - \hat{b}) \Phi_E = \Phi_0 \quad (8)$$

В равенстве (4), положив  $\eta = 0, \xi = c, \xi = d$  и  $\xi = e$ , находим ширину бокового канала  $h_c$ , координаты точки  $D(X_D, Y_D)$  и ширину возвратной струи  $E$ , которые совместно с равенством (6) дают четыре уравнения для определения неизвестных параметров канонической области  $G_0$ :

$$\left. \begin{aligned} X_D &= \frac{\Phi_0 F_0}{2\pi} \operatorname{Re} \left[ \int_0^d \Gamma(t) dt \right] \\ Y_D &= b = \frac{\Phi_0 F_0}{2\pi} \operatorname{Im} \left[ \int_0^d \Gamma(t) dt \right] \\ h_c &= \frac{(c-d)(c-1)}{(c-e)(c-f)} \Phi_c \\ h_E &= \frac{(e-d)(e-1)}{(f-e)(e-c)} \Phi_0 \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

$$\left. \begin{aligned} X_K &= \frac{\Phi_0 F_0}{2\pi} \operatorname{Re} \left[ \int_0^1 \Gamma(t) dt \right] \\ Y_K &= \frac{\Phi_0 F_0}{2\pi} \operatorname{Im} \left[ \int_0^1 \Gamma(t) dt \right] \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

$$|z(1)| = \frac{\Phi_0 F_0}{\pi} \int_0^1 \Gamma(t) dt \quad (11)$$

Равенство (6) дает распределение потока по боковому и основному направлениям канала, равенство (7) - количество осажденных частиц в зоне осаждения, равенство (10) - координаты точки возврата, а уравнение (11) - расстояние точки возврата от начала разветвления.

Таким образом, определено распределение скоростей каждой фазы жидких смесей в области течения в параметрической форме (2), (4) и давлений (1), а также распределение расхода по каналам. Это позволяет определить количество осаждения наносов в окрестности разветвления и внести необходимые коррективы при проектировании каналов с боковыми отводами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хамидов А.А. Плоские и осесимметричные задачи о струйном течении идеальной сжимаемой жидкости. - Ташкент: ФАН, 1978. -180 с.
2. Хамидов А.А. Плоские струи смеси идеальных жидкостей // Труды ТашГУ.- Ташкент, 1988. - Вып.583. - С. 14-18.
3. Хамидов А.А., Исанов Ш.Р., Джумабаев Д. Одномерная задача об осаждении частиц в двухфазной смеси // Вестник НУУ. - Ташкент. - 2004.- № 4.-С. 8-14.
4. Хамидов А.А., Усманов Г.У. Об интегралах уравнения движения смеси идеальных жидкостей // ДАН РУз.-Ташкент. - 2000. - № 1. - С. 18-19.
5. Хамидов А.А., Шакиров А.А. Взаимодействие основного канала с боковыми // Проблемы механики. - 1997. - № 6. - С. 34- 39.
6. Шакиров А.А., Хамидов А.А., Юнусов Г.Г. Теоретико-экспериментальные исследования структуры однородной и неоднородной жидкости в зоне разделения потока // Проблемы механики. - 2001.- № 1.- С. 51-53.
7. Хамидов А.А., Худайкулов С.И. Теория струй многофазных вязких жидкостей.- Ташкент: Фан, 2003. – 139 с.