УДК 626.8

# ПРОБЛЕМЫ УЛУЧШЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ, КАЧЕСТВА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И МЕЛИОРАЦИИ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

***Ш.Х. Рахимов***
*(НИИИВП при ТИИМ)*

Водные ресурсы бассейнов рек Амударья и Сырдарья, при обеспеченности стока 50 %, составляют 114,4 км$^3$ [1]. На территории Республики Узбекистан формируется всего 11,53 км$^3$/год стока, в том числе 5,14 км$^3$ – в бассейне реки Амударья, что составляет всего 6 % речного стока бассейна и 6,39 км$^3$ – в бассейне реки Сырдарья, что составляет всего 13 % речного стока бассейна. Это составляет только 10 % (11,53 км$^3$) от всех формируемых водных ресурсов (114,4 км$^3$) в бассейне Аральского моря. Используемые в республике водные ресурсы составляют 50 % (56,19 км$^3$), это примерно в 5 раз превышает формируемые, поэтому проведение исследований по улучшению обеспеченности, качества водных ресурсов и мелиорации орошаемых земель республики является актуальным, и в конечном счёте, привёдёт к экономии водных ресурсов и улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель.

Основным потребителем используемого в республике среднемноголетнего объёма водных ресурсов в 59,19 км$^3$ является сельское хозяйство – 51,7 км$^3$ (92 %), поэтому для улучшения обеспеченности, качества водных ресурсов и мелиорации орошаемых земель Республики Узбекистан необходимо проведение исследований по подаче, распределению и использованию водных ресурсов.

Решение проблем улучшения обеспеченности и качества водных ресурсов республики связано с решением следующих задач:

**1.** Совершенствование взаимодействия бассейновых управлений ирригационных систем (БУИС) – управлений ирригационных систем (УИС) – ассоциаций водопотребителей (АВП) – фермерских хозяйств, которых связывают технические, организационные, экологические и другие аспекты. Они отражены в [2], Постановлениях Правительства РУз и соответствующих министерств, комитетов и ведомств республики.

**2.** Управление водными ресурсами на всех уровнях: БУИС–УИС–АВП –фермерские хозяйства и другие водопотребители.

Целью управления водными ресурсами на этих уровнях водного и сельского хозяйства республики является уменьшение непроизводительных потерь водных ресурсов. Это касается подачи (БУИС), распределения (УИС, АВП) и использования (фермерские хозяйства и другие водопотребители).

Критериями качества водоподачи из магистральных самотечных каналов БУИС является минимизация квадратичного отклонения уровня воды в конце участков канала от их заданных значений, а в магистральных каналах с системой машинного водоподъёма - минимизация потребляемой электроэнергии при обеспечении заданной водоподачи насосной станции с соответствующими граничными условиями и ограничениями [1].

Для боковых потребителей каналов УИС критерием качества водораспределения является среднеквадратичное интегральное отклонение фактического расхода воды от плановых (лимитированных) значений с соответствующими граничными условиями и ограничениями [1]. Аналогичные критерии могут быть использованы при водораспределении в межхозяйственных каналах АВП для обеспечения водой фермерских хозяйств и других водопотребителей.

Для предложенных критериев качества управления объектов водного хозяйства республики, с учетом соответствующих граничных условий и ограничений, необходимо разработать математические модели, алгоритмы и программы решения задач управления водоподачей и водораспределением. Реализация этих критериев обеспечит эффективную подачу и распределение водных ресурсов всем потребителям.

Настало время в корне усовершенствовать деятельность АВП республики. Необходимо пересмотреть договорные отношения между АВП и водопотребителями, особенно, с фермерскими и другими хозяйствами, которые в настоящее время потребляют наибольшее количество водных ресурсов для орошения, с целью ужесточения их обязательств по экономии потребляемых водных

ресурсов, сохранения их качества и совершенствования штрафных санкций за перерасход поливной воды.

Необходимо повысить образовательный уровень специалистов АВП, постоянно повышать их квалификацию путем проведения различных семинаров, тренингов на местах и в специализированных центрах в республике и за рубежом. Необходимо оснастить все АВП республики современной информационно–компьютерной техникой и оборудованием, а также автотранспортом и необходимой техникой (экскаваторы, тракторы, бульдозеры и др.). Только после реализации этих мероприятий можно будет усовершенствовать деятельность АВП республики по уменьшению непроизводительных потерь воды в межхозяйственных каналах, фермерских хозяйствах и у других водопотребителях.

Необходимо также усовершенствовать сам процесс использования водных ресурсов у водопотребителей. Так как из-за нерационального использования теряется много поливной воды, необходимо для всех водопотребителей ввести контроль и учёт получаемой от АВП на договорной основе поливной воды.

Для этого им необходимо оснастить все свои водозаборы водомерными сооружениями или гидропостами. Для эффективного использования водных ресурсов необходимо рекомендовать всем водопотребителям для полива использовать водосберегающую технику и технологию, каковыми являются полив с помощью гибких переносных трубопроводов, жёстких трубопроводов, лотков автоматизированного полива, шлангов и сифонов. Также им необходимо пользоваться системами капельного орошения, поливом с помощью дождевания, внутрипочвенным орошением и другими современными водосберегающими технологиями [1]. Реализация этих мероприятий обеспечит эффективное использование водных ресурсов на самом нижнем уровне управления водными ресурсами – в фермерских хозяйствах и у других водопотребителей.

**3.** Необходимо осуществить в водохозяйственном секторе республики широкое внедрение интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР). По осуществлению этой работы Республика Узбекистан является признанным лидером среди государств Центральной Азии, о чём свидетельствуют аналитические обзоры Всемирного Банка, Азиатского Банка Развития и других международных организаций.

Принципы ИУВР позволяют не только повысить эффективность управления водой, но и внедрить современные водосберегающие технологии, системы автоматизированного контроля и управления водораспределением, наладить мониторинг распределения и повысить эффективность использования воды.

**4.** Улучшение мелиорации орошаемых земель в республике в последние годы осуществляется на основе Указа Президента Республики Узбекистан «О мерах по совершенствованию системы улучшения мелиоративного состояния земель» (УП № 3932 от 29 октября 2007 г.), Постановления Президента Республики Узбекистан «Об организации деятельности Фонда мелиоративного улучшения орошаемых земель при Министерстве финансов Республики Узбекистан» (ПП № 718 от 31 октября 2007 г.), а также Постановления Президента Республики Узбекистан «О государственной программе мелиоративного улучшения орошаемых земель в 2008–2012 годах» (ПП № 817от 19 марта 2008 г.). Была создана специализированная лизинговая компания «Узмелиомашлизинг» для обеспечения, на основании льготного лизинга, специализированных строительных и эксплуатационных организаций, а также АВП, мелиоративной техникой.

В целях дальнейшего улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель, развития сети мелиоративных и ирригационных объектов, рационального и бережного использования водных ресурсов, обеспечения на этой основе устойчивого функционирования сельскохозяйственного производства, повышения плодородия земель и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур 19 апреля 2013 г. было опубликовано Постановление Президента Республики Узбекистан «О мерах по дальнейшему улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель и рационального использования водных ресурсов на 2013–2017 годы» (ПП № 1958), в котором одобрена Государственная программа по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель и рациональному использованию водных ресурсов на 2013–2017 годы, включающая в себя:

***– комплекс мер по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель и обеспечению рационального использования водных ресурсов на период 2013–2017 гг., в состав которого входят следующие направления:***

I. Совершенствование нормативно–правовой базы по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель.

II. Реализация проектов по строительству, реконструкции, ремонту и восстановлению мелиоративных и ирригационных объектов, оросительной сети, а также совершенствованию систем управления водными ресурсами.

III. Внедрение системы капельного орошения и других водосберегающих технологий.

В 2013 г. предусмотрено внедрение систем капельного орошения в садах, на виноградниках и при выращивании овощей и бахчевых на площади 3500 га, альтернативных способов полива хлопчатника по бороздам (с применением мобильных гибких поливных труб) на площади 500 га, технологии полива хлопчатника по экранированным плёнкой бороздам на площади 600 га.

IV. Совершенствование систем мониторинга водных ресурсов, мелиоративного состояния орошаемых земель и плодородия почв.

V. Укрепление материально–технической базы эксплуатационных водохозяйственных и подрядных организаций, специализированных на выполнении мелиоративных и других водохозяйственных работ, а также ассоциаций водопотребителей.

В 2013 г. предусмотрена поставка на лизинговой основе мелиоративной техники, машин и механизмов эксплуатационным организациям Минсельводхоза РУз, подрядным организациям, специализированным на выполнении мелиоративных и других водохозяйственных работ, а также АВП в количестве 189 ед.

***– прогнозные параметры работ по мелиоративному улучшению орошаемых земель на период 2013–2017 гг., финансируемых за счет средств Фонда мелиоративного улучшения орошаемых земель при Министерстве финансов Республики Узбекистан, в состав которых входят следующие направления***:

*I. Строительство и реконструкция мелиоративных объектов.*

В 2013 г. предусмотрено строительство и реконструкция 39 км магистральных, 84 км межрайонных и 670 км межхозяйственных коллекторов, всего 793 км, а также 106 км закрытой горизонтальной дренажной сети, 110 скважин вертикального дренажа, 12 мелиоративных насосных станций, 1665 наблюдательных скважин, 50 гидросооружений.

*II. Ремонтно-восстановительные работы на мелиоративных объектах.*

В 2013 г. намечено проведение ремонтно-восстановительных работ на 13 км магистральных, 136 км межрайонных, 11884 км межхозяйственных коллекторов, всего 12090 км, а также на 999 км закрытых горизонтальных дренажных сетей, 550 скважинах вертикального дренажа, 26 мелиоративных насосных станциях, 142 гидросооружениях коллекторов, 1381 трубчатых переездах.

III. *Укрепление материально–технической базы специализированных строительных, водохозяйственных и эксплуатационных организаций.*

В 2013 г. предусмотрена поставка 303 гидравлических экскаваторов, 13 малых экскаваторов-бульдозеров, 109 бульдозеров, 13 автотягачей с полуприцепом, 99 автосамосвалов, 58 автомобильных кранов, 75 вагонов–домиков, 1 бурового агрегата (горизонтального), 74 сварочных агрегатов, 6 лазерных планировщиков, 27 автобензовозов, 18 самоходных промывочных агрегатов, 10 тракторов ТТЗ-80, 10 с прицепом, 13 автобетономешалок, 14 бетонорастворных узлов, 3 бестраншейных дреноукладчиков, всего 836 единиц необходимой техники.

***– прогнозные параметры строительства и реконструкции ирригационных объектов на период 2013–2017 годы, финансируемых за счет централизованных инвестиций из Государственного бюджета Республики Узбекистан, в состав которых входят:***

***1.*** *Строительсво и реконструкция каналов.*

В 2013 г. предусмотрено строительство и реконструкция 155 км магистральных, 1589 км межхозяйственных каналов, 359 км лотковых сетей, всего 2103 км.

***2.*** *Строительство и реконструкция гидросооружений.*

В 2013 г. предусмотрено строительство и реконструкция 22 дюкеров, 6 акведуков, 43 гидроузлов водозаборных сооружений, 25 других сооружений, всего 96 сооружений.

***3.*** *Строительство и реконструкция насосных станций и их напорных трубопроводов.* В 2013 г. это предусмотрено осуществить на насосных станциях производительностью 8 $м^3/с$ и 11 км напорных трубопроводов насосных станций.

**4.** *Строительство и реконструкция берегоукрепительных сооружений и водоселехранилищ.* В 2013 г. это предусмотрено осуществить на 7 км берегоукрепительных сооружениях и водо- и селехранилищах ёмкостью 9 млн $м^3$.

***– прогнозные параметры ремонта и восстановления оросительной сети на период 2013–2017 гг., осуществляемых за счёт средств АВП и фермерских хозяйств, в состав которых входят:***

**1.** *Ремонтно-восстановительные работы на оросительных сетях.*

В 2013 г. предусмотрено проведение ремонтно-восстановительных работ на 87425 км земляных, 8634 км бетонных, 12765 км лотковых каналах, всего 108824 км.

**2.** *Ремонтно-восстановительные работы на гидросооружениях.*

В 2013 г. предусмотрено проведение ремонтно-восстановительных работ на 697 дюкерах, 616 акведуках, 16790 гидропостах, 1974 трубчатых переездах, 13604 других гидросооружениях, всего 33681 сооружений.

**3.** *Ремонт насосных агрегатов.* В 2013 г. предусмотрен ремонт 2151 насосных агрегатов.

**4.** *Ремонт и оснащение точек водовыдела средствами управления и учета воды.* В 2013 г. предусмотрено восстановление 29003 и оснащение 20042 точек водовыдела средствами управления и учета воды, всего 49045 точек водовыдела.

***– прогнозные параметры внедрения систем капельного орошения на период 2013–2017 гг. за счёт кредитных и собственных средств сельскохозяйственных товаропроизводителей, всего по республике на указанный период – 25000 га, в том числе по годам: 2013 – 3500 га, 2014 – 5000 га, 2015 – 5300 га, 2016 – 5500 га, 2017 – 5700 га.***

Необходимо отметить, что согласно данному постановлению расширены полномочия и функции Объединенных дирекций строящихся предприятий Минсельводхоза РУз возложением на них функций заказчика по строительству и реконструкции ирригационных объектов, осуществляемых за счет государственных капитальных вложений, ремонту и восстановлению межрайонных и межхозяйственных коллекторов и других мелиоративных объектов, также установлен порядок, в соответствии с которым, начиная с 1 мая 2013 г., в договорах аренды по предоставлению земельных участков для производства плодоовощной, виноградной и бахчевой продукции, заключаемых между органами исполнительной власти и сельскохозяйственными товаропроизводителями, будут предусматриваться инвестиционные обязательства последних по внедрению систем капельного орошения и других водосберегающих технологий полива.

Согласно Постановлению Кабинета Министров РУз «О мерах по эффективной организации внедрения и финансирования системы капельного орошения и других водосберегающих технологий полива» (№ 178 от 21 июня 2013 г.) предусмотрены льготы для сельскохозяйственных товаропроизводителей, внедряющих у себя системы капельного орошения и другие водосберегающие технологии полива, таковыми льготами являются:

1. Коммерческим банкам рекомендовано выдавать кредиты по проектам, включенным в Государственную программу внедрения системы капельного орошения и других водосберегающих технологий полива, по ставке рефинансирования Центрального банка Республики Узбекистан (сейчас 12 % годовых).

2. Кредитование сельскохозяйственных товаропроизводителей на внедрение системы капельного орошения за счёт средств кредитной линии Фонда мелиоративного улучшения орошаемых земель при Министерстве финансов РУз осуществляется, как правило, до 1000–кратного размера минимальной заработной платы, с 6–месячным льготным периодом, на срок не менее трех лет по льготной процентной ставке с учетом маржи обслуживающего коммерческого банка.

3. Льготная процентная ставка за пользование кредитами за счет средств кредитной линии Фонда устанавливается в размере 6 % годовых, в том числе маржа банка – 3 %.

4. Сельскохозяйственным товаропроизводителям, внедрившим системы капельного орошения и другие водосберегающие технологии полива, предоставляется право использования сэкономленных водных ресурсов для выращивания сельскохозяйственных культур на площадях, высвобожденных от зерноколосовых культур.

5. Специализированным организациям по производству комплектующих изделий для системы капельного орошения и других водосберегающих технологий полива, осуществляемых в рамках Государственной программы, выделяются ежегодные квоты закупки полиэтиленовой гранулы по декларированным ценам.

Реализация Постановления «О мерах по дальнейшему улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель и рациональному использованию водных ресурсов на период 2013–2017 годов» даст возможность усовершенствовать функционирование ирригационных и мелиоративных объектов, что улучшит подачу, распределение и использование водных ресурсов, которое, в конечном счёте, привёдет к повышению водообеспеченности и еще большему улучшению качества водных ресурсов, а также мелиорации орошаемых земель республики в ближайшие годы.

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Рахимов Ш.Х. Совершенствование эффективного использования водных ресурсов, улучшение мелиорации орошаемых земель и экологии окружающей среды // Материалы Республиканской научно–практической конференции «Вопросы совершенствования эффективного использования водных ресурсов, а также улучшения мелиорации и экологии окружающей среды». - Ташкент, 2012 г. - С. 7–13.

2. Закон Республики Узбекистан «О воде и водопользовании (новая редакция). (ЗРУ № 240 от 25 декабря 2009 г.)

УДК 001.891.573:532.57

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАНОВОГО НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ В ОТКРЫТЫХ РУСЛАХ

***Ш.Х. Рахимов, И. Бегимов***
*(НИИИВП при ТИИМ)*

*Мақолада чекланган элементлар усули асосида очиқ ўзанлардаги ностационар оқимнинг икки ўлчамли фазодаги ҳаракатини моделлаштириш масалалари қўрилган. Ностационар оқимнинг икки ўлчамли фазодаги ҳаракати тенгламалар системаси, чегаравий шартлари изопараметрик фазовий координаталардаги кўриниши ва икки ўлчамли ўзанлар модел бўлакларида ностационар оқимнинг ҳаракатини компьютердаги моделлаштириш натижалари келтирилган.*

*The article considers the simulation of scheduled unsteady water movement of in open channels by using the finite element method. A two-dimensional system of equations, boundary conditions of unsteady water movement in izoparametric spatial coordinates as well as the results of computer simulation of unsteady water movement on two-dimensional simulated sites of open channels are given.*

*В статье рассматривается моделирование планового неустановившегося движения воды в открытых руслах на основе метода конечных элементов. Приводятся двумерная система уравнений, краевые условия неустановившегося движения воды в изопараметрических пространственных координатах и результаты моделирования неустановившегося движения воды на двумерных модельных участках открытых русел.*

Процессы, протекающие в водохозяйственных объектах, происходят в многомерной пространственной области и во времени. Сложность этих процессов не позволяет исследователям, проектировщикам и эксплуатационникам оперативно оценить качественные и количественные параметры работы участков русла рек, каналов и гидротехнических сооружений для реализации необходимого режима управления водными ресурсами. В настоящее время широкого развития численных методов решения сложных математических задач при помощи современных компьютерных технологий появилась реальная возможность получать конкретные качественные и количественные характеристики различных сложных динамических процессов. Для моделирования задач гидродинамики применяются численные методы конечных разностей и конечных элементов. Конечно-разностные методы для моделирования двумерного движения воды рассматривались в работах [1-4]. В случае, когда область определения имеет неправильную форму использование конечно-разностного метода усложняется в построении разностной сетки и задании граничных условий. В последние годы с развитием теории аппроксимации, сплайнов и методов Галеркина для моделирования двумерных объектов со сложными областями определения начали широко использоваться методы конечных элементов, когда необходимо учесть геометрические

особенности, которые характерны для открытых естественных русел и каналов. В этом случае современный компьютер используется одновременно как для формулирования уравнений и построения дискретных аппроксимаций, так и для решения системы уравнений.

**Постановка задачи**. Плановое неустановившееся движение воды в открытых руслах описывается двумерной системой уравнений Сен-Венана [5]

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial(uh)}{\partial x}+\frac{\partial(vh)}{\partial y}+i=0,\\
&\frac{\partial(uh)}{\partial t}+\frac{\partial(u^2h)}{\partial x}+\frac{\partial(uvh)}{\partial y}+g\frac{\partial(h^2/2)}{\partial x}=gh(S_{ax}-S_{fx}),\\
&\frac{\partial(vh)}{\partial t}+\frac{\partial(v^2h)}{\partial y}+\frac{\partial(uvh)}{\partial x}+g\frac{\partial(h^2/2)}{\partial y}=gh(S_{ay}-S_{fy}).
\end{aligned} \tag{1}$$

Здесь $h=h(x,y,t)$ – глубина водной поверхности; $u=u(x,y,t)$ – продольная составляющая скорости водного потока; $v=v(x,y,t)$ – поперечная составляющая скорости водного потока; $v_t$ – вязкость жидкости, $S_{ax}$ – уклон дна по оси $x$, $S_{ay}$ – уклон дна по оси $y$, $S_{fx}$ – уклон свободной поверхности воды по оси $x$, $S_{fy}$ – уклон свободной поверхности воды по оси $y$; $g$ – ускорение силы тяжести; $i(x,y,t)$ – интенсивность поступления воды, $x$ – координата оси по длине; $y$ – координата оси по ширине; $t$ – время.

Ордината дна канала задается функцией $z_o(x,y)$, тогда уклоны дна по соответствующим координатам определяются

$$S_{ax}=\frac{\partial z_0}{\partial x},\qquad S_{ay}=\frac{\partial z_0}{\partial y}, \tag{2}$$

С помощью формулы Маннинга получим уклоны свободных поверхностей по ординатам.

$$S_{fx}=\frac{n^2u\left(u^2+v^2\right)^{1/2}}{h^{4/3}},\qquad S_{fy}=\frac{n^2v\left(u^2+v^2\right)^{1/2}}{h^{4/3}}, \tag{3}$$

Введем замену переменных $p=uh$, $q=vh$. Тогда уравнение (1) имеет вид

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\partial q}{\partial y}+i=0\\
&\frac{\partial p}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{p^2}{h}+\frac{gh^2}{2}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{pq}{h}\right)+gh\frac{\partial z_0}{\partial x}+gn^2\frac{p(p^2+q^2)^{1/2}}{h^{7/3}}=0\\
&\frac{\partial q}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{pq}{h}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{q^2}{h}+\frac{gh^2}{2}\right)+gh\frac{\partial z_0}{\partial y}+gn^2\frac{p(p^2+q^2)^{1/2}}{h^{7/3}}=0
\end{aligned} \tag{4}$$

Записывая эти уравнения в векторной форме, получим

$$\frac{\partial\mathbf{U}}{\partial t}+\frac{\partial\mathbf{F}}{\partial x}+\frac{\partial\mathbf{G}}{\partial y}+\mathbf{D}=0, \tag{5}$$

где U,F,G и D векторы функции

$$\mathbf{U}=\begin{pmatrix} h \\ p \\ q \end{pmatrix}, \qquad \mathbf{F}=\begin{pmatrix} p \\ \dfrac{p^2}{h}+\dfrac{gh^2}{2} \\ \dfrac{pq}{h} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{G}=\begin{pmatrix} p \\ \dfrac{pq}{h} \\ \dfrac{q^2}{h}+\dfrac{gh^2}{2} \end{pmatrix}, \tag{6}$$

$$\mathbf{D}(p,q,h)=\begin{pmatrix} i \\ gh\dfrac{\partial z_0}{\partial x}+gn^2\dfrac{p(p^2+q^2)^{1/2}}{h^{7/3}} \\ gh\dfrac{\partial z_0}{\partial y}+gn^2\dfrac{q(p^2+q^2)^{1/2}}{h^{7/3}} \end{pmatrix} \tag{7}$$

Так как функции F(U) *и* G(U) зависят от функции U, уравнение (5) запишем в следующем виде

$$\frac{\partial \mathbf{U}}{dt}+\frac{\partial \mathbf{F}}{d\mathbf{U}}\frac{\partial \mathbf{U}}{dx}+\frac{\partial \mathbf{G}}{d\mathbf{U}}\frac{\partial \mathbf{U}}{dy}+\mathbf{D}=0 \tag{8}$$

Окончательно запишем уравнение (8) в векторно-матричной форме.

$$\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t}+\mathbf{A}\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial x}+\mathbf{B}\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial y}+\mathbf{D}=0\,, \tag{9}$$

где матрицы

$$\mathbf{A}(p,q,h)=\frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \mathbf{U}}=\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -\dfrac{p^2}{h^2}+gh & \dfrac{2p}{h} & 0 \\ -\dfrac{pq}{h^2} & \dfrac{q}{h} & \dfrac{p}{h} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{B}(p,q,h)=\frac{\partial \mathbf{G}}{\partial \mathbf{U}}=\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ -\dfrac{pq}{h^2} & \dfrac{q}{h} & \dfrac{p}{h} \\ -\dfrac{q^2}{h^2}+gh & 0 & \dfrac{2q}{h} \end{pmatrix} \tag{10}$$

Для однозначности решения необходимо задать начальные и граничные условия.

Начальные условия характеризуют все движение в какой-то момент времени $t_0$, принимаемый за начальный.

$$\mathbf{U}(x,y,t_0)=\mathbf{U}_0(x,y), \qquad (x,y)\in\Omega, \tag{11}$$

где $U_0(x,y)$ – заданные функции распределения глубины и расходов потока, $\Omega$ – двумерная область. Область определения переменных, где происходит движение потока воды, имеет сложную геометрическую форму в случае участков рек и естественных каналов.

Существенная трудность в постановке двумерной задачи состоит в задании граничных условий. Будем считать границу $d\Omega$ области $\Omega$, состоящей из жидких и непроницаемых твердых частей, т.е. $d\Omega=\{d\Omega_{ж}, d\Omega_{т}\}$, причем эти части границы могут состоять из нескольких частей.

На жидкой части границы задается изменение глубины или изменение расхода воды

$$
\begin{aligned}
&h_i(x,y,t) = H_i(t),\\
&q_i(x,y,t)\cos\alpha + p_i(x,y,t)\sin\alpha = Q_i(t),\\
&\alpha = (\hat{n, Ox}),\ \ (x,y) \in d\Omega_{\text{ж}i},\ \ i = 1,n_{\text{ж}},
\end{aligned}
\tag{12}
$$

где $q_i(x,y,t)$ и $p_i(x,y,t)$ неизвестные продольные и поперечные составляющие расходов потока, $H_i(t)$ и $Q_i(t)$ - заданные функции изменения глубины и расходов потока на соответствующей жидкой части, $\alpha$ – угол между нормали к границе и оси $x$.

На твердой части границы задается в виде

$$
q_i(x,y,t)\cos\alpha + p_i(x,y,t)\sin\alpha = 0, \quad \alpha = (\hat{n, Ox}),\ \ (x,y) \in d\Omega_{\text{т}i} \quad i = 1,n_{\text{т}}
\tag{13}
$$

Физический смысл (12) означает, что суммарное составляющее продольных и поперечных расходов воды по нормали к границе будут равным нулю.

Тогда общая граница области составляет объединение твердых и жидких частей границы.

$$
d\Omega = d\Omega_{\text{ж}} \bigcup d\Omega_{\text{т}},\quad d\Omega_{\text{ж}} = \bigcup_{i=1}^{n_{\text{ж}}} d\Omega_{\text{ж}i},\ \ d\Omega_{\text{т}} = \bigcup_{i=1}^{n_{\text{ж}}} d\Omega_{\text{т}i},
\tag{14}
$$

Таким образом, для моделирования двумерного течения воды в открытых руслах необходимо решить систему уравнений (9) с краевыми условиями (12)-(13).

Система уравнений (9) относится к квазилинейным дифференциальным уравнениям в частных производных со сложными краевыми условиями областей определения переменных. Точное решение сформулированной задачи невозможно получить, поэтому необходимо использовать различные численные методы для приближенного решения на основе метода конечных элементов, в которых используется изопараметрическое преобразование уравнений и используемых (треугольных и четырехугольных) элементов. Область определения Ω переменных разбивается на N конечные подобласти, состоящие из треугольных или четырехугольных элементов.

**Изопараметрическое преобразование уравнений**. Вводим криволинейные координаты $x=x(\xi,\ \eta),\ y=y(\xi,\ \eta)$ и определяем элементы изопараметрического преобразования. Связь между производными преобразования определяется

$$
\frac{\partial}{\partial x} = \frac{\partial \xi}{\partial x}\frac{\partial}{\partial \xi} + \frac{\partial \eta}{\partial x}\frac{\partial}{\partial \eta}, \qquad \frac{\partial}{\partial y} = \frac{\partial \xi}{\partial y}\frac{\partial}{\partial \xi} + \frac{\partial \eta}{\partial y}\frac{\partial}{\partial \eta}
\tag{15}
$$

или в векторно-матричной форме

$$
\begin{pmatrix} \dfrac{\partial}{\partial x} \\ \dfrac{\partial}{\partial y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \xi_x & \eta_x \\ \xi_y & \eta_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dfrac{\partial}{\partial \xi} \\ \dfrac{\partial}{\partial \eta} \end{pmatrix}
\tag{16}
$$

где

$$
\xi_x = \frac{\partial \xi}{\partial x}, \qquad \xi_y = \frac{\partial \xi}{\partial y} \qquad \eta_x = \frac{\partial \eta}{\partial x}, \qquad \eta_y = \frac{\partial \xi}{\partial y} \qquad 0 \le \xi \le 1, \quad 0 \le \eta \le 1,
\tag{17}
$$

Аналогично

$$
\frac{\partial}{\partial \xi} = \frac{\partial x}{\partial \xi}\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial \xi}\frac{\partial}{\partial y}, \qquad \frac{\partial}{\partial \eta} = \frac{\partial x}{\partial \eta}\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial \eta}\frac{\partial}{\partial y}
\tag{18}
$$

или в векторно-матричной форме

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial \xi} \\ \frac{\partial}{\partial \eta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_\xi & y_\xi \\ x_\eta & y_\eta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \end{pmatrix} \tag{19}$$

$$x_\xi = \frac{\partial x}{\partial \xi}, \qquad x_\eta = \frac{\partial x}{\partial \eta}, \qquad y_\xi = \frac{\partial y}{\partial \xi}, \qquad y_\eta = \frac{\partial y}{\partial \eta} \tag{20}$$

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial \xi} \\ \frac{\partial}{\partial \eta} \end{pmatrix} = \frac{1}{\xi_x \eta_y - \xi_y \eta_x} \begin{pmatrix} \eta_x & -\eta_y \\ -\xi_y & \xi_x \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_\xi & y_\xi \\ x_\eta & y_\eta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \end{pmatrix} \tag{21}$$

Вводя обозначения якобиана $J=\xi_x \eta_y - \xi_y \eta_x$, запишем связи в другой форме

$$\frac{1}{J} \begin{pmatrix} \eta_y & -\eta_x \\ -\xi_y & \xi_x \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_\xi & y_\xi \\ x_\eta & y_\eta \end{pmatrix} \tag{22}$$

Связь между производными пространственных переменных с основными и изопараметрическими координатами

$$x_\xi = \frac{1}{J}\eta_y \qquad y_\xi = -\frac{1}{J}\eta_x \qquad x_\eta = -\frac{1}{J}\xi_y \qquad y_\eta = \frac{1}{J}\xi_x \tag{23}$$

или

$$\eta_y = J x_\xi \qquad \eta_x = -J y_\xi \qquad \xi_y = -J x_\eta \qquad \xi_x = J y_\eta$$

$$J = \xi_x \eta_y - \xi_y \eta_x = J^2 \left( x_\xi y_\eta - x_\eta y_\xi \right) \qquad J = \frac{1}{x_\xi y_\eta - x_\eta y_\xi} \tag{24}$$

Взаимосвязь с основными и изопараметрическими переменными запишется следующим образом

$$\begin{aligned} p^\xi &= \xi_x p + \xi_y q \\ p^\eta &= \eta_x p + \eta_y q \end{aligned} \qquad \begin{aligned} p &= \frac{1}{J}\left( \eta_y p^\xi - \xi_y p^\eta \right) \\ q &= \frac{1}{J}\left( -\eta_x p^\xi + \xi_x p^\eta \right) \end{aligned} \tag{25}$$

или в векторно-матричной форме

$$\begin{pmatrix} p^\xi \\ p^\eta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \xi_x & \xi_y \\ \eta_x & \eta_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p \\ q \end{pmatrix}, \qquad \begin{pmatrix} p \\ q \end{pmatrix} = \frac{1}{J} \begin{pmatrix} \eta_y & -\xi_y \\ -\eta_x & \eta_x \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p^\xi \\ p^\eta \end{pmatrix} \tag{26}$$

Подставляем элементы изопараметрического преобразования в основное уравнение, и после несложных алгебраических преобразований получим следующее векторно-матричное уравнение в криволинейных координатах.

$$\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} + \mathbf{A}^{\xi\eta}(\mathbf{V}) \frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \xi} + \mathbf{B}^{\xi\eta}(\mathbf{V}) \frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \eta} + \mathbf{D}^{\xi\eta}(\mathbf{V}) = 0 \tag{27}$$

где

$$\mathbf{V}=\begin{pmatrix} h \\ p^{\xi} \\ p^{\eta} \end{pmatrix}, \qquad \frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \xi}=\begin{pmatrix} \dfrac{\partial h}{\partial \xi} \\ \dfrac{\partial p^{\xi}}{\partial \xi} \\ \dfrac{\partial p^{\eta}}{\partial \xi} \end{pmatrix}, \qquad \frac{\partial \mathbf{V}}{\partial \eta}=\begin{pmatrix} \dfrac{\partial h}{\partial \eta} \\ \dfrac{\partial p^{\xi}}{\partial \eta} \\ \dfrac{\partial p^{\eta}}{\partial \eta} \end{pmatrix}, \tag{28}$$

$$\mathbf{A}^{\xi\eta}(\mathbf{V})=\begin{pmatrix} 0 & \xi_x+\xi_y & 0 \\ -\dfrac{p^2}{h^2}+gh & \dfrac{2p}{h}\xi_x+\dfrac{q}{h}\xi_y & 0 \\ -\dfrac{pq}{h^2} & \dfrac{q}{h}\xi_x & \dfrac{2q}{h}\xi_y+\dfrac{p}{h}\xi_x \end{pmatrix} \tag{29}$$

$$\mathbf{B}^{\xi\eta}(\mathbf{V})=\begin{pmatrix} 0 & \eta_x+\eta_y & 0 \\ -\dfrac{pq}{h^2} & \dfrac{2p}{h}\eta_x+\dfrac{q}{h}\eta_y & \dfrac{2p}{h}\eta_x+\dfrac{p}{h}\eta_y+\dfrac{q}{h}\eta_y \\ -\dfrac{q^2}{h^2}+gh & 0 & \dfrac{q}{h}\eta_x+\dfrac{p}{h}\eta_x+\dfrac{2q}{h}\eta_y+\dfrac{p}{h}\eta_x \end{pmatrix}, \tag{30}$$

$$\mathbf{D}^{\xi\eta}(\mathbf{V})=\begin{pmatrix} i \\ gh\left(\xi_x\dfrac{\partial z_0}{\partial \xi}+\eta_x\dfrac{\partial z_0}{\partial \eta}\right)+gn^2\dfrac{\left(\eta_y p^{\xi}-\xi_y p^{\eta}\right)\left(\left(\eta_y p^{\xi}-\xi_y p^{\eta}\right)^2+\left(\eta_x p^{\xi}-\xi_x p^{\eta}\right)^2\right)^{1/2}}{J^2 h^{7/3}} \\ gh\left(\xi_y\dfrac{\partial z_0}{\partial \xi}+\eta_y\dfrac{\partial z_0}{\partial \eta}\right)+gn^2\dfrac{\left(\eta_x p^{\xi}-\xi_x p^{\eta}\right)\left(\left(\eta_y p^{\xi}-\xi_y p^{\eta}\right)^2+\left(\eta_x p^{\xi}-\xi_x p^{\eta}\right)^2\right)^{1/2}}{J^2 h^{7/3}} \end{pmatrix} \tag{31}$$

Далее начальные (11) и граничные условия (12)-(13) тоже переводятся в криволинейные координаты $x=x(\xi, \eta)$, $y=y(\xi, \eta)$.

**Преобразование четырехугольников**. Для четырехугольника с вершинами $(x_i,y_i,\ i=1,2,3,4)$ элементы преобразования будем осуществлять по формулам

$$\begin{aligned} x &= x(\xi,\ \eta)=x_1+(x_2-x_1)\xi+(x_3-x_1)\eta+A\xi\eta, \\ y &= y(\xi,\ \eta)=y_1+(y_2-y_1)\xi+(y_3-y_1)\eta+B\xi\eta \end{aligned} \tag{32}$$

где

$A=x_4-x_3-x_2+x_1$, $\qquad B=y_4-y_3-y_2+y_1$

$$I(\xi,\ \eta)=\det\begin{bmatrix} x_2-x_1+A\eta & x_3-x_1+A\xi \\ y_2-y_1+B\eta & y_3-y_1+B\xi \end{bmatrix}$$

Производные определяются по формуле

$$\frac{\partial x}{\partial \xi} = x_\xi = x_2\text{-}x_1 + A\eta, \quad \frac{\partial x}{\partial \eta} = x_\eta = x_3\text{-}x_1 + A\xi,$$
$$\frac{\partial y}{\partial \xi} = y_\xi = y_2\text{-}y_1 + B\eta, \quad \frac{\partial y}{\partial \eta} = y_\eta = y_3\text{-}y_1 + B\xi \tag{33}$$

Обратное преобразование для четырехугольников можно построить на основе формулы (1), но при реализации можно обойтись и без явного вида обратного преобразования.

**Преобразование треугольников**. Для треугольника с вершинами ($x_i$,$y_i$, $i=1,2,3$) элементы преобразования по методу билинейного преобразования имеет вид

$$x = x(\xi,\ \eta) = x_1 + (x_2 - x_1)\xi + (x_3 - x_1)\eta,$$
$$y = y(\xi,\ \eta) = y_1 + (y_2 - y_1)\xi + (y_3 - y_1)\eta \tag{34}$$

$$I(\xi,\ \eta) = \det\begin{bmatrix} x_2\text{-}x_1 & x_3\text{-}x_1 \\ y_2\text{-}y_1 & y_3\text{-}y_1 \end{bmatrix} = (x_2\text{-}x_1)(y_3\text{-}y_1) - (x_3\text{-}x_1)(y_2\text{-}y_1) \tag{35}$$

$$\frac{\partial x}{\partial \xi} = x_\xi = x_2\text{-}x_1\,,\ \frac{\partial x}{\partial \eta} = x_\eta = x_3\text{-}x_1\,,\ \frac{\partial y}{\partial \xi} = y_\xi = y_2\text{-}y_1\,,\ \frac{\partial y}{\partial \eta} = y_\eta = y_3\text{-}y_1 \tag{36}$$

Обратное преобразование к (2) имеет вид

$$\xi = \frac{(y_3 - y_1)(x - x_1) - (x_3 - x_1)(y - y_1)}{(y_3 - y_1)(x_2 - x_1) - (x_3 - x_1)(y_2 - y_1)}, \quad \eta = \frac{(y_2 - y_1)(x - x_1) - (x_2 - x_1)(y - y_1)}{(y_2 - y_1)(x_3 - x_1) - (x_2 - x_1)(y_3 - y_1)}, \tag{37}$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial x} = \xi_x = \frac{(y_3 - y_1)}{(y_3 - y_1)(x_2 - x_1) - (x_3 - x_1)(y_2 - y_1)}, \frac{\partial \xi}{\partial y} = \xi_y = \frac{(x_3 - x_1)}{(y_3 - y_1)(x_2 - x_1) - (x_3 - x_1)(y_2 - y_1)}$$
$$\frac{\partial \eta}{\partial x} = \eta_x = \frac{(y_3 - y_1)}{(y_2 - y_1)(x_3 - x_1) - (x_2 - x_1)(y_3 - y_1)}, \frac{\partial \eta}{\partial y} = \eta_y = \frac{(x_2 - x_1)}{(y_2 - y_1)(x_3 - x_1) - (x_2 - x_1)(y_3 - y_1)}$$

**Численный метод решения**. В качестве алгоритма численного решения уравнения (26) с граничными условиями используем метод конечного элемента на основе схемы Галеркина-Петрова [6, 7]:

1. Область определения $\Omega$ переменных разбивается на $N$ конечные подобласти $\Omega_i$ ($i$ – 1, 2,…, $N$ (например, неправильные треугольники и четырехугольники, имеющие площади одного порядка) так, чтобы $\bigcup_{i=1}^{N}\Omega_i$ , $\Omega_i \cap \Omega_i = 0$, *при* $i \neq j$ и переходим к изопараметрическим координатам, используя билинейное преобразование;

2. Выбираем базисы $\{\varphi_i(\xi,\eta)\}$ и $\{\psi_i(\xi,\eta)\}$ - для подобластей $\Omega_i$;

3. Базисы для элементов выбираются из условий аппроксимации, например, для треугольного элемента - линейная аппроксимация ;

4. Второй базис $\{\psi_i(\xi,\eta)\}$ выбираем как характеристическую функцию области $\Omega_i$:

$$\psi_i(\xi,\eta) = \begin{cases} 1, & (x, y) \in \Omega_i\ , \\ 0, & (x, y) \notin \Omega_i\ . \end{cases} \tag{38}$$

5. Приближенное решение $V(\xi,\eta, t)$ ищется в виде

$$\mathbf{V}^j(\xi,\eta,t) = \sum_{i=1}^{n_i^j} \mathbf{Q_i^j}(\mathbf{t})\varphi_i^j(\xi,\eta) \tag{39}$$

где $\mathbf{Q_i^j(t)} = \begin{pmatrix} h_i^j(t), & 1,...,n_i^j \\ p_i^{\xi j}(t), & 1,...,n_i^j \\ p_i^{\eta j}(t), & 1,...,n_i^j \end{pmatrix}$ - вектор-матрица неизвестных коэффициентов и количество функции в аппроксимациях элементов области определения переменных и $\varphi_i(\xi,\eta)$ – линейные или квадратичные базисные функции на треугольнике и четырехугольнике [3,4].

6. Для определения коэффициентов $Q_i^j(t)$ во внутренних точках области определения переменных используется система уравнений

$$\left( \frac{\partial \mathbf{V}^j}{\partial t} + \mathbf{A}^{\xi\eta}\left(\mathbf{V}^j\right)\frac{\partial \mathbf{V}^j}{\partial \xi} + \mathbf{B}^{\xi\eta}\left(\mathbf{V}^j\right)\frac{\partial \mathbf{V}^j}{\partial \eta} + \mathbf{D}^{\xi\eta}\left(\mathbf{V}^j\right),\ \psi_j \right), j=1,2,...N \qquad (40)$$

или

$$\iint_{\Omega_j} \left( \frac{\partial \mathbf{V}^j}{\partial t} + \mathbf{A}^{\xi\eta}\left(\mathbf{V}^j\right)\frac{\partial \mathbf{V}^j}{\partial \xi} + \mathbf{B}^{\xi\eta}\left(\mathbf{V}^j\right)\frac{\partial \mathbf{V}^j}{\partial \eta} + \mathbf{D}^{\xi\eta}\left(\mathbf{V}^j\right) \right) \partial\omega_j = 0, \qquad j = 1,....,N_j \qquad (41)$$

где *(u, v)* скалярное произведение.

7. По заданным краевым условиям (12) – (13) составляются дополнительные уравнения для неизвестных граничных точек;

8. Подставляя решения в уравнение и вычисляя интегралы в (41), получим матричную систему нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений на каждом узле элемента, используя метод квазилинеаризации, получим

$$\frac{d\mathbf{Q}_i^j}{dt} + \mathbf{G}_i^j \mathbf{F}_i^j\left(\mathbf{Q}_i^j\right) = \mathbf{U}_i^j \qquad j = 1,....,N_j \qquad (42)$$

где $G^j$ и $U^j$ - векторы коэффициентов, получаемых в результате численного интегрирования.

9. Решая полученную систему матричных дифференциальных уравнений на основе конечно-разностного метода, получим функции $Q_i^j(t)$ для всех узлов сетки, далее переходя к основным переменным с помощью обратного изопараметрического преобразования, получим окончательное решение.

10. Далее пункты 6-9 алгоритма циклически повторяются для последующих шагов по времени.

Вышеприведенный алгоритм реализован в виде программного комплекса и проведено моделирование неустановившегося движения воды в открытых руслах на модельных примерах.

***Пример 1.*** Прямоугольный участок русла канала (рис. 1) со шпорой в правой части по течению потока. Параметры прямоугольного русла по ширине 50,0 м, а по длине 1000,0 м. Русло разбито на 1960 четырехугольных элементов, примерная площадь каждого четырехугольника равна 25 кв. м, уклон канала 0,00001, отметка дна в конце канала была 4,0 м.

Начальные условия приняты по всему руслу расходами воды равными нулю и отметка водной поверхности в конце канала была равна 5,0 м, т.е. в русле была стоячая вода. На твердых верхних и нижних границах приняты условия равенства нулю расхода воды по нормали к борту канала.

В качестве граничных условий в левой стороне прямоугольного канала принята жидкая граница с постоянным расходом воды равным 6 $м^3/с$, а в правой части участка выбран постоянный горизонт воды равный 5,0 м.

С момента начала численного эксперимента вода с правой границы равномерно по ширине начала поступать расходом воды 6 $м^3/с$ и начались изменения параметров водного потока. На рис. 1 *а, б* и *с* показаны эпюры скоростей в различные моменты времени после начала процесса через 120 секунд. В левой части рисунков приведены шкалы для скоростей водного потока. Из рисунков видно, как по времени изменяются эпюры скоростей водного потока по длине и ширине и видно, как изменяется водоворотная зона за шпорой, которая с течением времени изменяется по длине.

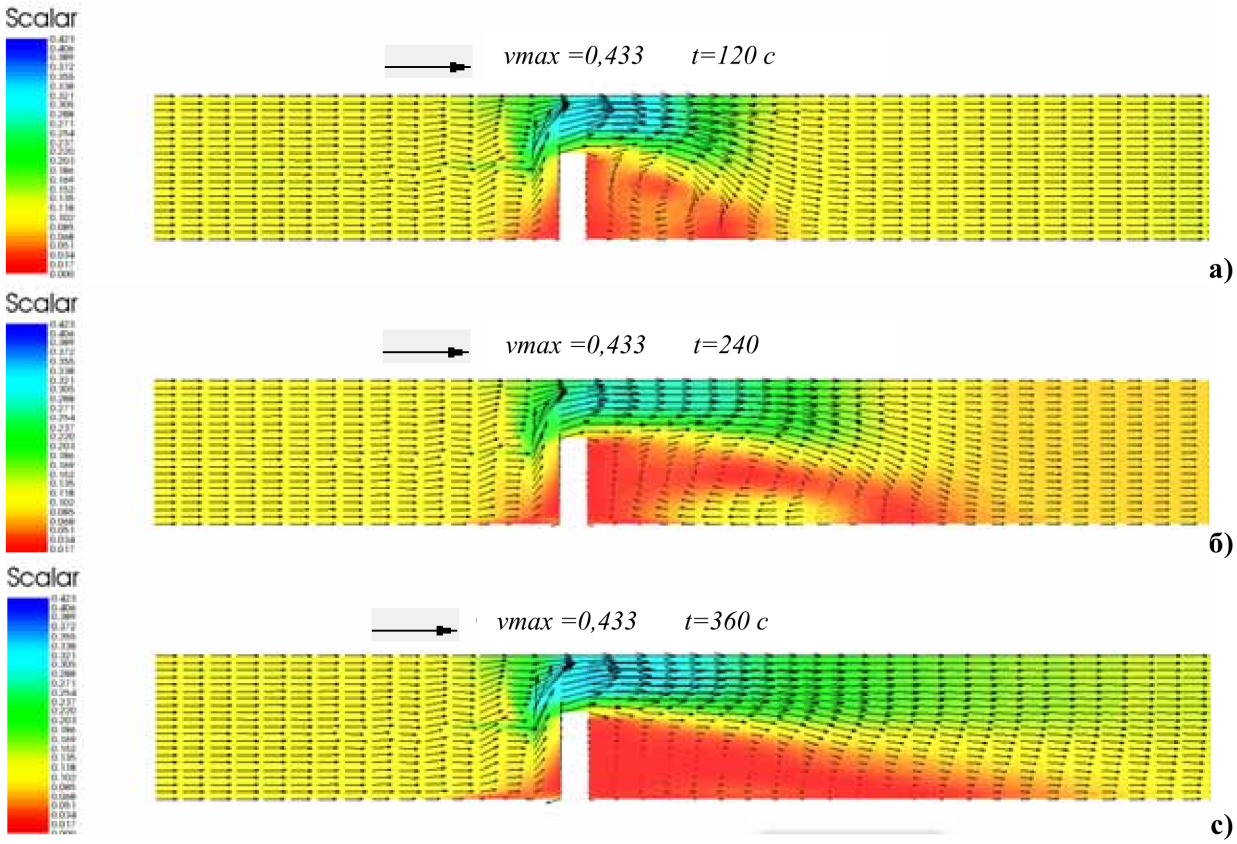



*Рис. 1 - Участок прямоугольного канала со шпорой*

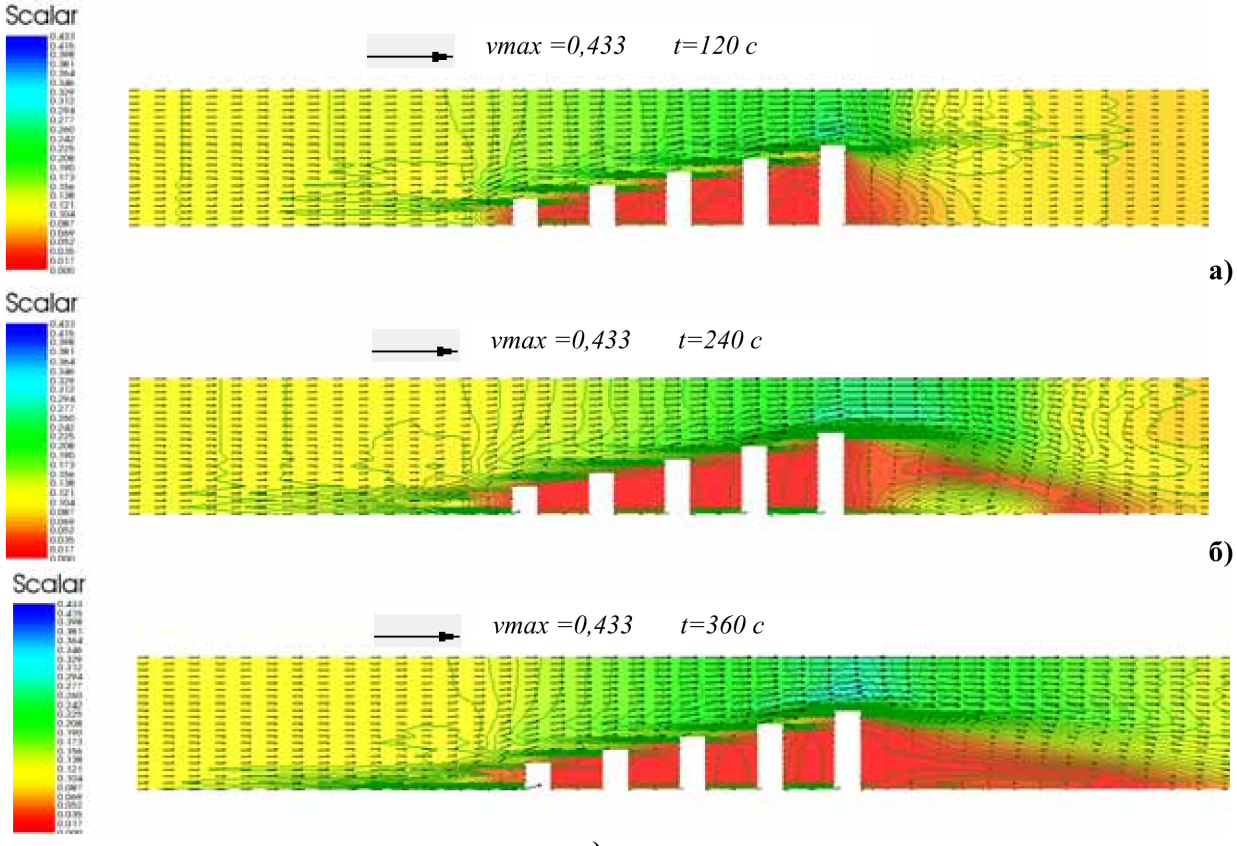



*Рис. 2 - Участок прямоугольного канала с последовательно расположенными односторонними шпорами*

***Пример 2.*** Прямоугольный участок русла (рис. 2) с последовательно расположенными односторонними шпорами в правой части по течению потока. Параметры прямоугольного русла, начальные, граничные и другие условия аналогичны Примеру 1. На рис. 2 *а, б* и *с* показаны эпюры скоростей в различные моменты времени после начала процесса через 120 секунд. В левой части рисунков приведены шкалы для скоростей водного потока. Из рисунков видно, как по времени изменяются эпюры скоростей водного потока по длине и ширине. Водоворотная зона за шпорой для этого случая почти отсутствует.

***Пример 3.*** Зигзагообразное прямоугольное русло реки (рис. 3) шириной 30 м, длиной 400 м. Русло разбито на 600 четырехугольных элементов, примерная площадь каждого четырехугольника равна 15 до 30 кв. м, уклон канала 0,0001, отметка дна в конце канала была 5,0 м.

Начальные условия по всему руслу приняты такие, что расход воды равен нулю и отметка в конце участка 6,0 м. На правой жидкой границе задаются изменения расхода воды 10 м$^3$/с, а на левой жидкой границе изменения отметки свободной поверхности воды, равной 6,0 м.

С момента начала численного эксперимента вода с правой границы равномерно по ширине начала поступать расходом воды 10 м$^3$/с и начались изменения параметров водного потока. На рис. 1 *а, б* и *с* показаны эпюры скоростей в различные моменты времени после начала процесса через 100 секунд. В левой части рисунков приведены шкалы для скоростей водного потока. Из рисунков видно, как по времени изменяются эпюры скоростей водного потока по длине и ширине и видно, как максимальные значения скоростей приходятся на изгибы зигзагообразного русла, а на горбах зигзагообразного русла имеют минимальные скорости.

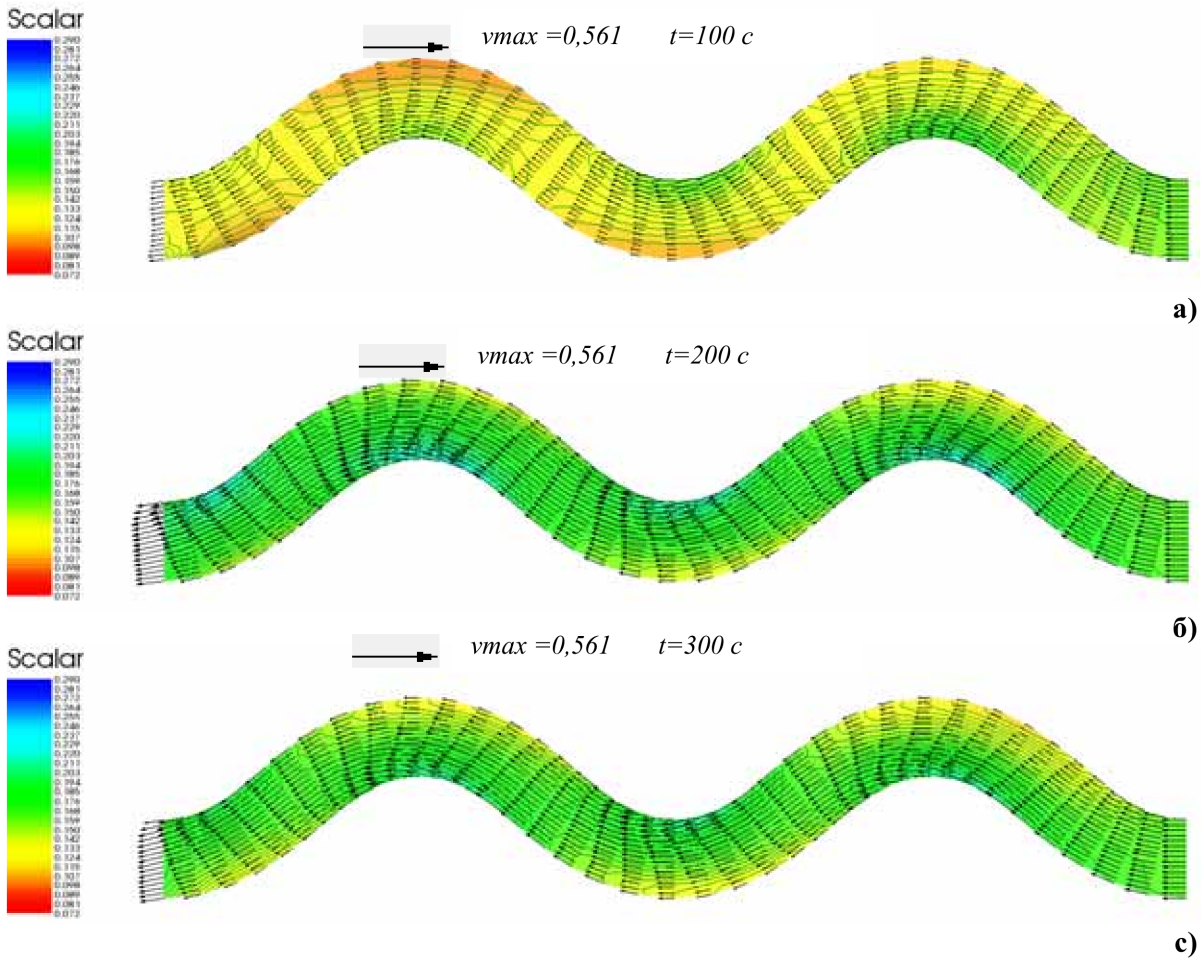



*Рис. 3 - Участок прямоугольного зигзагообразного канала*

Таким образом, на основе моделирования планового неустановившегося движения воды в открытых руслах по описанному выше алгоритму и программного комплекса можно определить изменения основных параметров водного потока в пространстве и во времени и связанной с ними динамики переходных процессов водных ресурсов.

Разработка системы моделирования на основе методов конечного элемента дает возможность оценить качественные и количественные изменения параметров потока воды по длине и ширине русла, а также позволяет определить проектные параметры защитных, регулирующих сооружений водного потока и улучшить эксплуатационные параметры имеющихся гидротехнических сооружений.

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Годунов С.К., Рябенький В.С. Разностные схемы. - М.: Наука, 1977. – 499 с.

2. Грушевский М.С. Неустановившееся движение воды в реках и каналах. - Л.: Гидрометеоиздат, 1982 – 288 с.

3. Кюнж Ж.А., Холи Ф.М., Вервей А. Численные методы в задачах речной гидравлики. - М.: Энергоатомиздат, 1985. – 253 с.

4. Ляхтер В.М. Милитеев А.Н. Гидравлические исследования численными методами // Водные ресурсы. – 1981. - № 3. - С. 17-29.

5. Вольцингер Н.Е., Пясковский Р.В. Основные океанологические задачи теории мелкой воды. - Л.: Гидрометеоиздат, 1968. – 300 с.

6. Марчук Г.И., Агошков В.И. Введение в проекционно-сеточные методы. - М.: Наука, 1981. – 416 с.

7. Треногин В.А. Функциональный анализ. - М. Наука, 1980. – 495 с.

УДК 528.711(262.83)

## TIME SEQUENCE ANALYSIS OF ARAL SEA USING LANDSAT IMAGERY

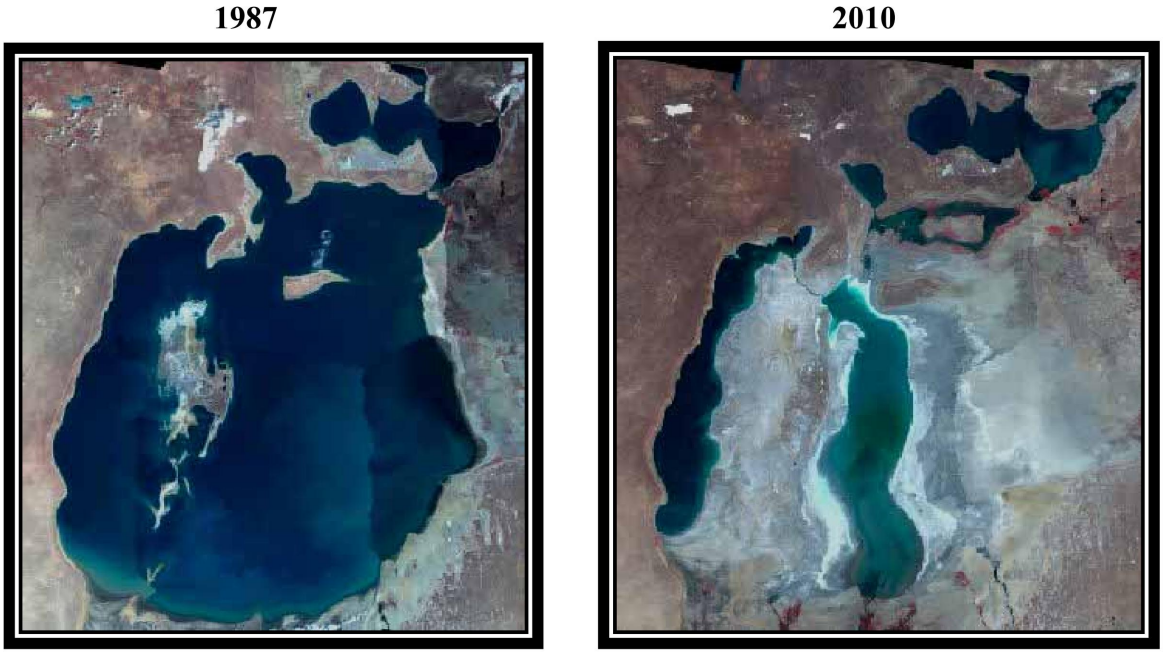
***Z. Gafurov***
*(IWMI – Central Asia)*

*This research aims to analyze water surface dynamics of the Aral Sea in Central Asia which has lost enormous amount of surface area in the last few decades. The data for this purpose was obtained from remote sensing, particularly from Landsat data which provides high resolution images of earth surface observation. The remote sensing images were prepared for 7 different years and from these images water surface was delineated using supervised classification methodology. Using the classified images, it was then possible to carry out change analysis of Aral Sea starting from 1973 to 2013. The results of this study show how the Aral Sea surface lessened during different time periods. In general, for whole period between 1973 and 2009 the Aral Sea lost about 86 % of its surface than in 1973. In 2010 water flew in to Aral Sea as a result of snow rich year and dam over spilling in Kazakhstan. The results of this study may be a great use to decision makers or scientists who deal with Aral Sea and its consequences after it has lost huge surface area.*

**Key words**: Aral Sea, Change analysis, Classification, Landsat

Aral Sea crisis is one of the disasters which have lost its huge amount of water. The Aral Sea was the fourth largest inland water body in the world before 1960th (Macklin and Aladin, 2008). It started to lose its water volume after the extension actions of cotton fields in Central Asia started during the Soviet time. As a result of agricultural extension, the sea surface of Aral Sea was reduced enormously that it impacted even local climate in the region. After about 1980s, the negative consequences of Aral Sea shrinkage were clearly visible. Figure 1 illustrates two satellite images of the Aral Sea that qualitatively show the amount of water lost in Aral Sea between these two time spans. From this point it is clear that the policy of Soviet Union did not think about the consequences of Aral Sea and now. This study focuses to make specific analysis which will demonstrate and show the surface changes of Aral Sea for seven years over past periods. The change dynamics illustrated in this paper will help us to better understand what the size of Aral Sea was in fact in the past and how the sea dynamics developed with time. It is of advantage to have Sea dynamics analysis in order to make proper analyseswhich can make some possible changes of Aral Sea in the future. Since the glance of the world headed to save the Aral Sea and also because of present harmful situation of Aral Sea was a great challenge to the author in carrying out this study which should also act as a supportive material that will be serving for saving the Aral Sea and develop sustainable water management practices in this region.Aral Sea is located in central Asia and

covers the area in two of Central Asian countries namely Uzbeksitan from the south and Kazakhstan from the north part of the Sea. It has two major inflow rivers which are Amu-Darya in south west and Syr-Darya in north east. The Aral Sea itself is a closed sea which has an inflow from above mentioned rivers and no outflow as a river. The water balances of the Aral Sea consists inflow from two rivers and outflow as evaporation or infiltiration. Thus, those two inflowing rivers act as equalizer of the Aral Sea with respect to its water surface, water quality and salt concentration.




*Fugure 1 - Aral Sea changes in two time span*

**Purpose of the study**

The main objective of this study is to do sequential change analysis of the Aral Sea. The analysis will be made on the basis of water surface area calculations for different years. Remote sensing data was available to carry out this study.

**Materials**

Remote sensing information namely Landsat data was used to calculate surface area of Aral Sea. The Landsat data was obtained from United States Geological Survey (USGS) webpage. A good amount of data can be downloaded without any cost merely for the purpose of research. The temporal resolution of Landsat data is 16 days and the spatial resolution is 30 meters. The data used in this study has an interval of between 8 to 14 years. Available data for most recent years was also downloaded to check the change in recent years and current condition of the study area. The swath of one Landsat image is about 185 km which does not cover the entire Aral Sea surface. Therefore several images are required to completely cover the study area of a particular year (USGS).

**Methods**

In most cases human eyes automatically recognize the type of land belongs to which class, but in order to recognize these patterns in computer system it is necessary to train software to differentiate the spectral response of pixels in a meaningful way. Supervised classification technique was applied to this study. Supervised classification, samples of the different land cover types in an image are taken before hand. These samples are also called “Training sites”. Each sample has a statistical data and has a spectral signature. These signatures are compared with available spectral signature libraries. The sample having similar signature to a certain land cover is then assigned to that class.

Figure below illustrates how the classes are sorted into land cover types.

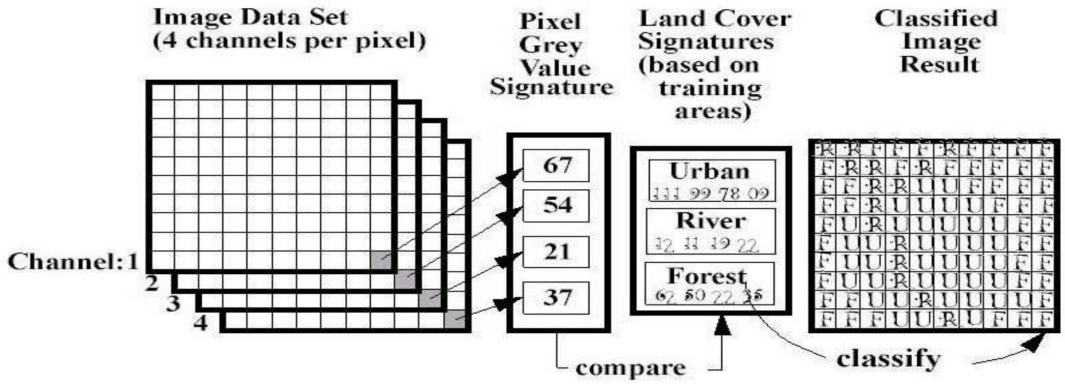
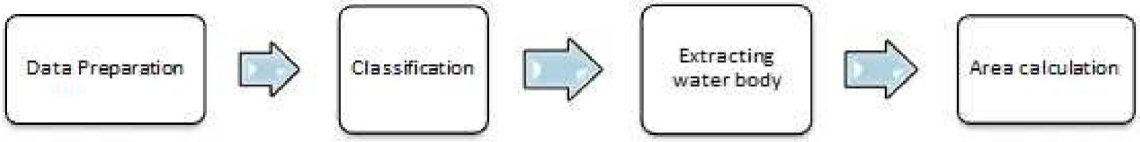



*Figure 2: Steps in supervised classification*

Methodology that is implemented in this work is described in steps. Majorapproach of this work was to apply supervised classification for extracting features from satellite images with satisfactory results. Methodology is a framework that allows humans knowledge to progress. Therefore methodology implemented in this research was divided into four main parts by analyst consisting of several sub parts. Following diagram shows these major portions as they feed one another.




From following diagram one can see all pixels of different classes in band two at x-axis and band four at y-axis.

Above shown scatter gram illustrates the combination of band four and band two and the reflectance of samples in these bands. It is important to select bands for visualization of images that have minimum correlation between them.

**Result**

Classification was done for all image mosaics. These classification results show how the changes took place over past periods and help to make some analysis. Figures below illustrate the area-calculated result for different years.

Images below illustrates the area calculated for each classified year. These numbers show that there is enormous water surface area lost since 1973. Different colors have been used for each year's water and the blue color is the water that currently exists i.e. September 2013.

Conclusion

The aim of this study was to delineate water surface of Aral Sea for different time spans using publicly available Landsat Data. The results gave clear water surface values for different years. Through this study it was possible to demonstrate that one can clearly demonstrate water dynamics in seas or lakes. Using automatic classification tools, it was possible to delineate water surface for different years clearly. The results of such study can be well used to better understand the behavior of the Aral Sea to different water availability scenarios. The software such as Erdas Imagine of ArcGIS is a powerful tool to carry out such analysis and to visualize all the changes clearly in the map. The illustrations of water surface change in different years in this study can be very important in demonstrating the Aral Sea crisis in different sectors and at different level, internationally and nationally.

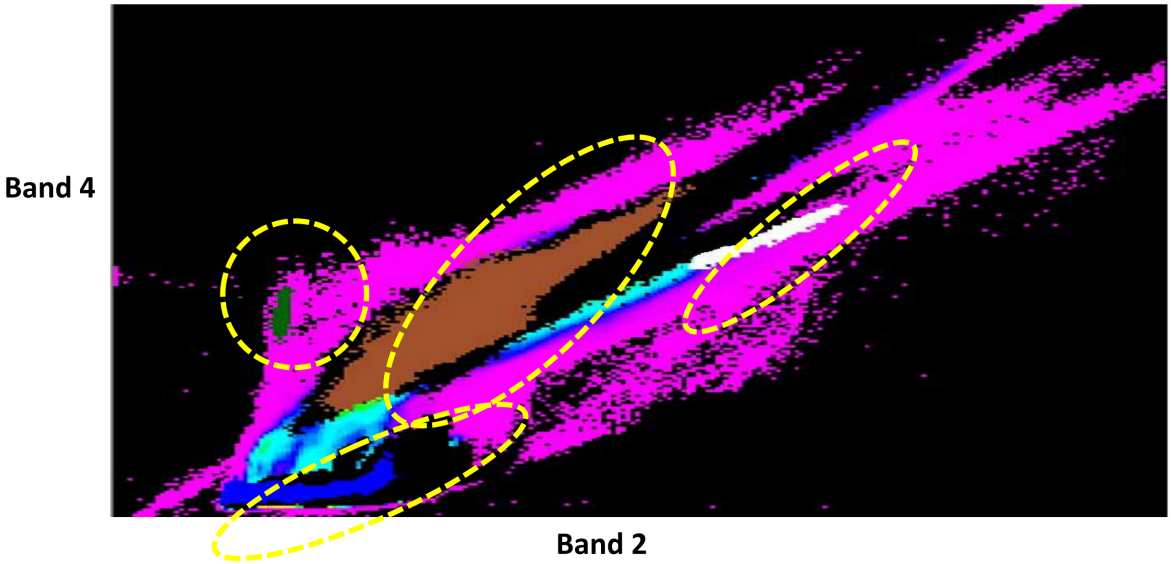
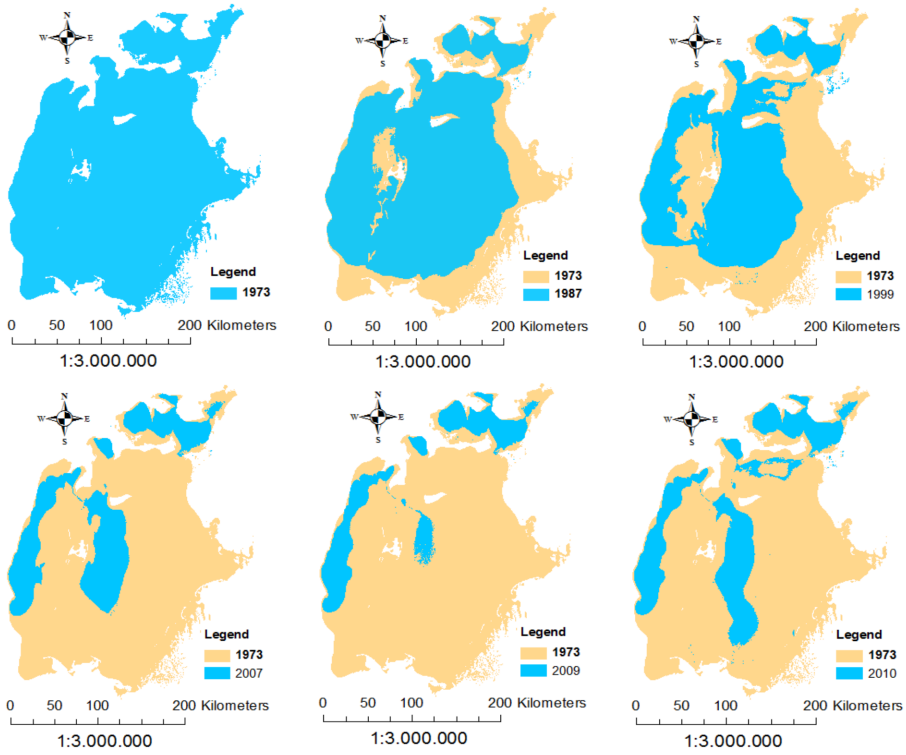



*Figure 3:Complete workflow*







| Event | Time | Area (Sqkm) |
|---|---|---|
| 1 | 1973 | 59476.63 |
| 2 | 1987 | 42475.21 |
| 3 | 1999 | 28649.63 |
| 4 | 2007 | 13173.27 |
| 5 | 2009 | 8466.06 |
| 6 | 2010 | 13560.27 |
| 7 | 2013 | 12799.25 |

*Figur 4 - Results*

*REFERENCES:*

1. Micklin Ph. and Aladin V.N. 2008 *Reclaiming the Aral Sea*: Scientific American Magazine. http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=reclaiming-the-aral-sea&sc=rss

2. Tangjaitrong, Supichai. Enviremental Remote Sensing Courseware: *Image Classification*http://www.sc.chula.ac.th/courseware/2309507/Lecture/remote18.htm

USGS, Sciences for changing world, USGS Global Visualization Viewer http://glovis.usgs.gov/

УДК 631.432.21

# CLIMATE CHANGE AND REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ($ET_0$) FOR WATER REQUIREMENT ANALYSES UNDER DATA LIMITED CONDITIONS IN FERGANA VALLEY

***Z. Gafurov***

*(IWMI – Central Asia, Consultant on Remote Sensing and GIS)*

*Climate change occurring enormously during last decades, and the weather is warming up globally which is affecting for decreasing amount of glaciers and snow covered areas, which is leading to decrease amount of water for the future and increase water issues. Climate change is one of the factors that influences to the water resources and makes a variability of surface water availability year to year. As evapotranspiration is a part of water balance it is a key element for water management and irrigation performance. Reference evapotranspiration ($ET_0$) can be computed using different methods, and these methods are selected according to availabilityof data for a specific study or region. $ET_0$ estimation in this study was computed using global climate model data (REMO GCM) for the period of 1961 – 2100 hundred and forty year time span. This data contains Maximum temperature, Minimum temperature and Mean temperature. For this paper Hargreaves – Samani (Hargreaves-Samani) method was used to compute reference evapotranspiration which requires minimum meteorological data and the data available at our hand is enough to calculate $ET_0$. The temperature data shows slightly increase of Temperature for the future Figure 1. The purpose of this study will be to calculate $ET_0$ for the future to see how $ET_0$ rate is changes in the future. The result can be a basis for future water management and water allocation within regions and water users association.*

**Key words:** Fergana valley, Reference Evapotranspiration, Climate change, Water requirement

## Introduction

Water has always played an important role for human being, for the life and for our beautiful environment. Water resources in Central Asia are very much important for many sectors and it is the most important limited natural resource. With the increase of Central Asian demography and potential to climate change, increasing researcher focus for new water conserving methodologies to ensure the life for tomorrow's generation in this region. Evapotranspiration is one of the starting methods to quantify water requirement at a different scale. Estimation of reference evapotranspiration (ET0) is vital important for water cycle and irrigation engineering to water requirements over a large or small area (*Droogers et.al*). As water becoming key resource that needs to be measured accurately and $ET_0$ calculation can be considered as one of the initial steps for water resource management, water allocation and environmental assessments to the region. (*Suat Irmak et.al*). Fergana valley was chosen as a study area in this paper due to the fact of trans boundary water issues in the region where Fergana valley is located in three former soviet union countries and topographical location is in the middle of surrounding mountains at different (figure 2 and 3) Climate of study area is dry and warm and the temperature reaches up to 20 0C already in March (*Wikipedia*).

Temperature chart

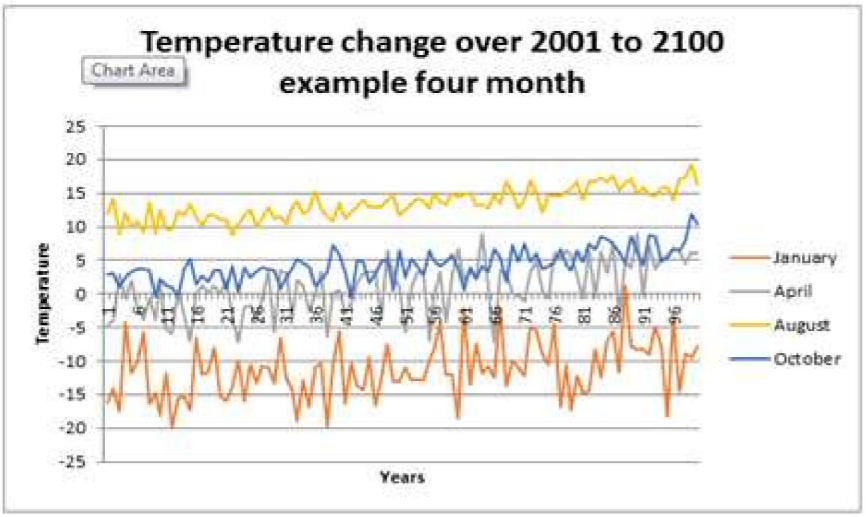



*Figure 1 - Temperature change illustration from 2001 to 2100*

## Study area

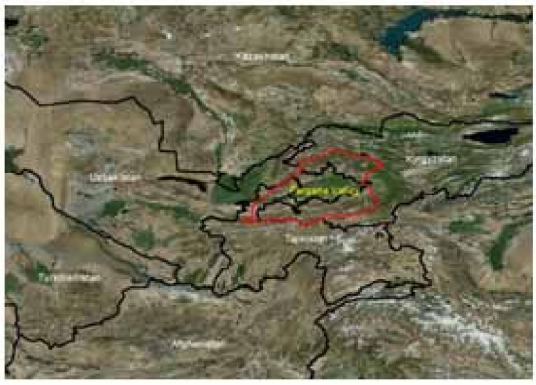


*Figure (2) Geographical location of Study area*

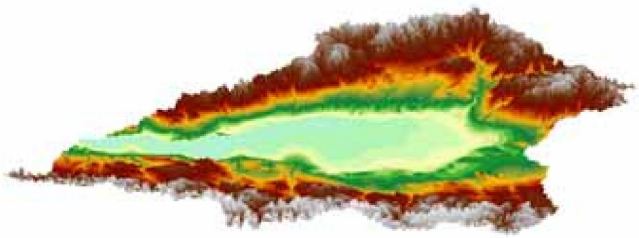


*Figure (3) 3D view of Study area*

### Materials and methods

Dynamically downscaled climate daily data with spatial resolution of 18 km at 206 points (figure 3)were obtained from Wurzburg University in Germany and used as an input for this study.

Reference Evapotranspiration was calculated by the formula of Hargreaves-Samani equation

- this method requires minimum data for computation of ET
- maximum and minimum temperature and extraterrestrial radiation are only input variablies

$$ET_O = k_{et} \cdot RA \cdot \sqrt{(T_{\max} - T_{\min})} \cdot (T_{mean} + 17.8)$$

$$RA = 0.0023 \cdot \frac{24 \cdot 60}{\pi} G_{sc} \vec{d}_r \cdot [\omega_s \cdot \sin(\varphi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\delta)\sin(\omega_s)]$$

RA-Extraterrestrial radiation [0.408 mm]
$G_{sc}$ – solar constant
$d_r$ – inverse relative distance Earth-Sun
$\delta$ – Solar declination
$\omega$ – latitude
J – Julian day

$$d_r = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} \cdot J\right)$$

$$\delta = 0.409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} \cdot J - 1.39\right)$$

**Data generated points**

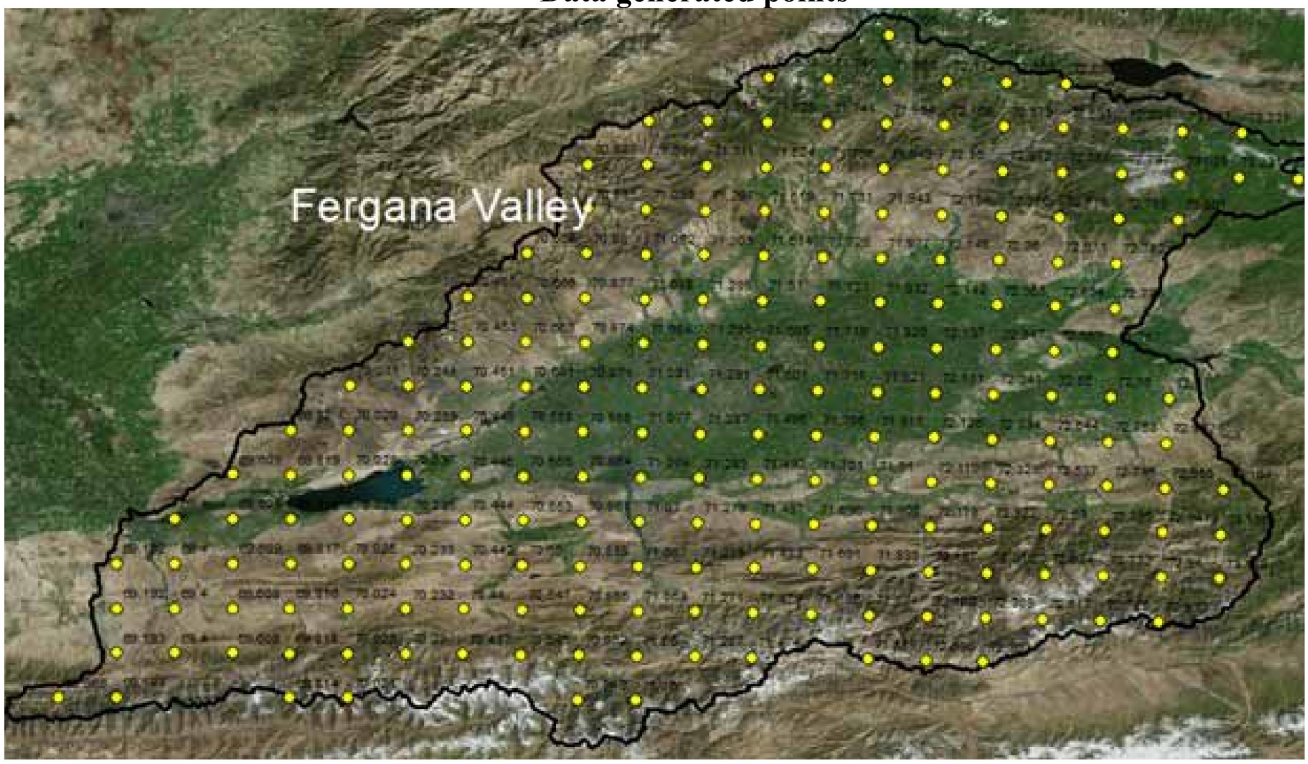



*Figure 4 illustrates the locations of meteodata points with coordinates*

Real $ET_0$ is obtained using measurement tools so called Lysimeter (Lysimeter). When $ET_0$is unknown or not available from measurement tool than comes to use necessary equations and methods to calculate reference Evapotranspiration. In most cases Penman Monteith(Droogers et.al) was recommented to use as a best method foe estimating $ET_0$. Since penman monteith has relatively high data demand Hargreaves method motivated to apply for this study as an alternative approach where it requires only temperature data.

**Results**

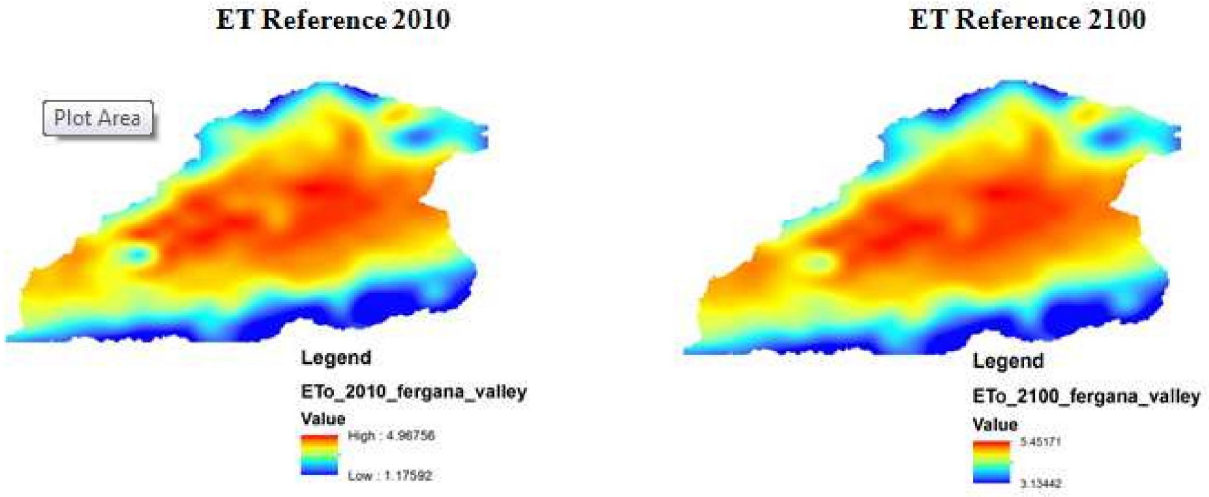



*Figure 5 shows avarege $ET_0$change for two time spans, 2010 and 2100,*

**Conclusion**

As it is illustrated the temperature is for the future is slightly increasing and correspondingly the result of ET calculation approves increase on the Et as well. That means if ET continues to increase then water demand in the future will also increase, which is a challenge by itself, so water allocation within region has to be in major focus to consider in the future and

use water more efficient and sufficient.

**Graphic of reference Evapotranspiration change over 100 year period**

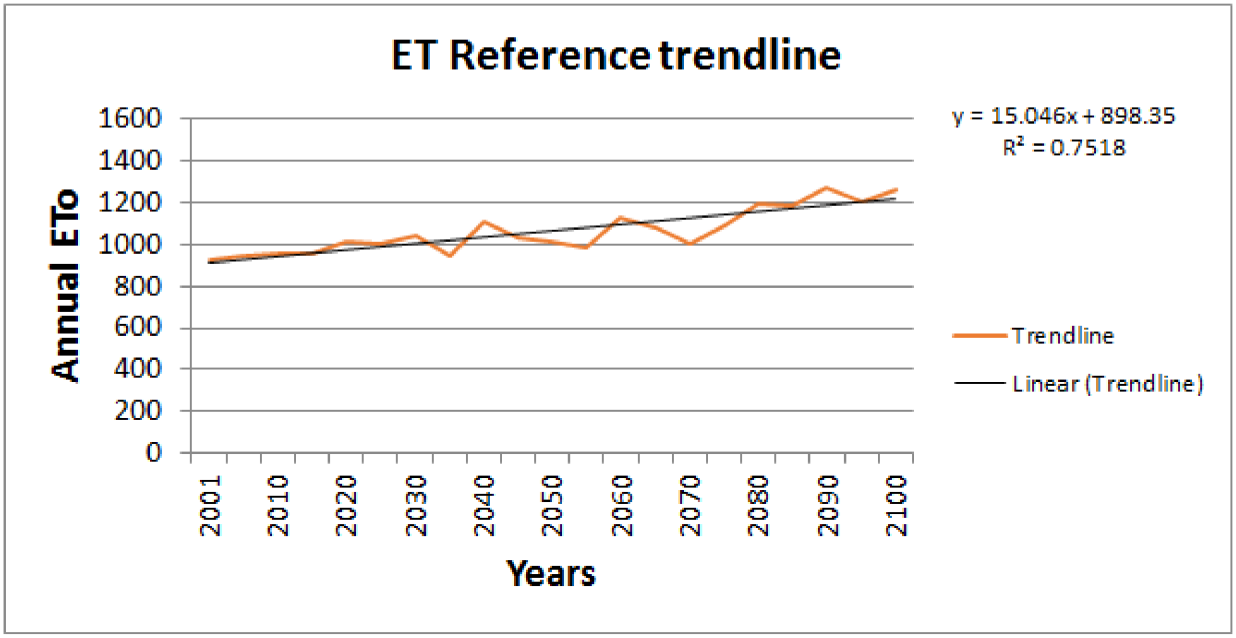



*Figure 6 - illustrates the annual changes of $ET_0$starting from 2001 to 2100*

*REFERENCES:*

1. Hargreaves- Samani, Estimating Solar Radiation and Evapotranspiration using Minimum climatological Datahttp://cagesun.nmsu.edu/~zsamani/research_material/files/Hargreaves-samani.pdf

2. Peter Droogers& Richard G. Allen, Estimating reference evapotranspiration under inaccurate data conditions, University of Idaho, Research and extention center, 3793 N. 3600ID 83341

3. Suat Irmak, Ph.D., Associate Professor Evapotranspiration, Institute of Agriculture and Natural Resources Department of Biological Systems Engineering University of Nebraska-Lincolnhttp://watercenter.unl.edu/downloads/ResearchInBrief/IrmakSuatET.pdf

УДК 556.5

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ WEAP ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ПОТРЕБНОСТЬ В ВОДНЫХ РЕСУРСАХ РЕК СЫРДАРЬЯ И АМУДАРЬЯ

***М. Пункари, Х. Ибрагимов, А. Каримов***
*(Финская Консалтинговая группа, IWMI)*

*The goal of this research is a development, calibration and evaluation of the hydrological model for the lower reach of the Amudarya and Syrdarya rivers, which also includes different scenarios of the assessment of the impact of climate change on water availability. These rivers are transboundary, which leads to the need of sound assessment of water availability and demand in future under the conditions of uncertainty related to the climate change. This study applies scientific approach to assess the current and future water availability and demand. The WEAP ("Water Evaluation and Planning") modeling framework, which allows applying an integrated approach for water use planning, was used in this study. The model used dataset developed during modeling of the water inflow originated from the upper watershed. Cryospheric –hydrological model was developed which modelled all major processes in the spatial scale of 1 km$^2$ and daily temporal. The model is based on modeled river flow data until 2050, obtained from Global Circulation Models. Model validation indicated high reliability of the outputs. The results of the study show that modelled total annual volume of the river flow in the lower reach will reduce by*

*22-28 % in the Syrdarya River and by 26-35 % in the Amudarya River until 2050. Significant flow reduction (45 %) is expected during summer months in the both river basins. The annual water demand by 2050 will increase by 3.0-3.9 % in the Syrdarya River basin, and by 3.8-5.0 % in the Amudarya River basin. Annual unmet demand in the in the Syrdarya River basin will increase from currently 8,8 % to 31,6 - 39,7 % in 2050, and in the Amudarya River basin from 24,8 % to 45,8 - 54,5 %.*

*Целью данной работы является разработка, калибровка и оценка гидрологической модели для нижних течений рек Амударья и Сырдарья, включающей различные сценарии оценки влияния изменения климата на образование водных ресурсов обеих рек. Эти реки являются трансграничными, что приводит к необходимости правильной оценки объемов воды этих рек в будущем и потребности в водных ресурсах в условиях изменения климата. В работе был применен научный подход к оценке доступности и потребности в воде, как в настоящий период, так и в будущем. Моделирование производилось в среде WEAP («Система оценки и планирования водных ресурсов»), позволяющей осуществлять интегрированный подход к планированию использования водных ресурсов. В модели были использованы данные, полученные при разработке сценариев притока воды из верхнего течения рек в нижнее. Для разработки данного сценария была использована криосферно-гидрологическая модель, моделирующая все основные процессы в масштабе 1 км$^2$ и имеющая временное разрешение 1 день. Модель основывалась на данных Глобальных моделей циркуляции (ГМЦ) для моделирования образования речного потока до 2050 г. Оценка прогноза модели показала высокую достоверность. Результаты показывают, что спрогнозированный общий объем годового стока в нижнем течении сократится на 22-28 % по р. Сырдарья и на 26-35 % - по р. Амударья к 2050 году. Значительное уменьшение стока (45 %) ожидается в течение летних месяцев в обоих бассейнах рек. Ежегодно потребность в воде к 2050 году в бассейне р. Сырдарья увеличится на 3,0-3,9 %, в бассейне р. Амударьи - на 3,8-5,0 %. Ежегодная неудовлетворенная потребность в бассейне р. Сырдарья увеличится с 8,8 % в настоящее время до 31,6-39,7 % в 2050 году, в бассейне р. Амударьи с 24,8 % до 45,8-54,5 %.*

**Введение**. Целью данной работы является разработка, калибровка и оценка гидрологической модели для нижних течений рек Амударьи и Сырдарьи, включающей различные сценарии оценки влияния изменения климата на образование водных ресурсов обоих рек. Эти реки являются трансграничными, что приводит к необходимости правильной оценки объемов воды этих рек в будущем и потребности в водных ресурсах в условиях изменения климата. В работе был применен научный подход к оценке доступности и потребности в воде как в настоящий период, так и в будущем.

**Методы**. В данной работе была применена модель WEAP («Система оценки и планирования водных ресурсов»), позволяющая осуществлять интегрированный подход к планированию использования водных ресурсов (Raskin и др., 1992). В модели были использованы данные, полученные при разработке сценариев притока воды из верхнего течения рек в нижнее (Immerzeel и др., 2012). Для разработки данного сценария была использована криосферно-гидрологическая модель, моделирующая все основные процессы в масштабе 1 км$^2$ и имеющая временное разрешение 1 день. Модель основывалась на данных Глобальных моделей циркуляции (ГМЦ) для моделирования образования речного потока до 2050 г.

Моделирование в среде WEAP включает расчет потребности в воде, водоподачу, отток, инфильтрацию, эвапотранспирацию и др. при изменяющихся гидрологических и адаптационных сценариях. Адаптационные сценарии позволяют оценить весь спектр опций управления и развития водных ресурсов, принимая во внимание потребности в воде многочисленных, в том числе конкурирующих, водопользователей.

Гидрологическая модель разработана в ежемесячном масштабе для трех интервалов: базовая ситуация (2001-2010) и на будущее (2021-2030 и 2041-2050). Для каждого из этих интервалов был рассчитан один год, являющийся репрезентативным, путем осреднения данных десятилетнего периода. Модель была откалибрована на базовый период 2001-2010 гг. В модели были определены различные площади с потреблением воды на сельское хозяйство и коммунальные нужды. Данные по водохранилищам, землепользованию, демографии и др. для пяти стран Средней Азии были получены с портала www.cawater-info.uz. Кроме того, в модель WEAP были включены данные по водным ресурсам, образующимся в нижнем течении рек. Для этого были оцифрованы водоразделы, совпадающие с зонами потребления. Для этих водоразделов были получены среднемесячные значения температуры и осадков, при помощи которых были рассчитаны

поступающая вода (с осадками) и эвапотранспирация с использованием модифицированного метода Hargreaves (Droogers and Allen, 2002):

$$ET_{реф} = 0{,}0013 * 0{,}408RA * (T_{ср} + 17{,}0) * (TD - 0.0123P)^{0.76}$$

где RA – поступающее внеземное излучение (МДжМ$^{-2}$d$^{-1}$, $T_{ср}$ –средняя температура, TD - разность температур ($T_{макс} - T_{мин}$) и P – входящие осадки.

Для проведения расчетов среднегодовое потребление в коммунальном хозяйстве было принято в размере 70,8 м$^3$ на душу населения для всех пяти стран. При этом эффективное водопотребление было принято в размере 10 %, означающее, что 90 % воды возвращается в водохозяйственную систему и в дальнейшем может быть использовано в нижнем течении. Землепользование было поделено на 8 категорий (хлопок, фураж, кукуруза, сады, зерновые, бахчевые, картофель). Коэффициент эффективности использования воды в сельском хозяйстве был принят на уровне 90–95 % ,соответственно, для сельскохозяйственных водопотребителей верхнего и нижнего течения. В модель также были включены и крупные водохранилища на обеих реках, входными данными для которых послужили данные, полученные при использовании ГМЦ. Ежедневный приток был усреднен на период 2001-2010 гг. Калибровка модели на базовую ситуацию осуществлялась отдельно для каждого бассейна на основе данных по семи крупным водохранилищам, а также данных по притоку воды в Аральское море, полученных с портала www.cawater-info.uz. Результаты калибровки на базовый период для бассейна обеих рек показали высокую степень достоверности модели (показано на рис. 1 на примере Туямуюнского водохранилища). Помимо калибровки модели по данным стока водохранилищ были использованы данные по стоку воды обеих рек в Аральское море. Замеренный и смоделированный годовой приток воды в Аральское море в течение базового периода составил по р. Сырдарья 7082 и 7472 млн м$^3$ (ошибка 5,5 %), по р. Амударья - 7309 и 7372 млн м$^3$ (ошибка 0,9 %).

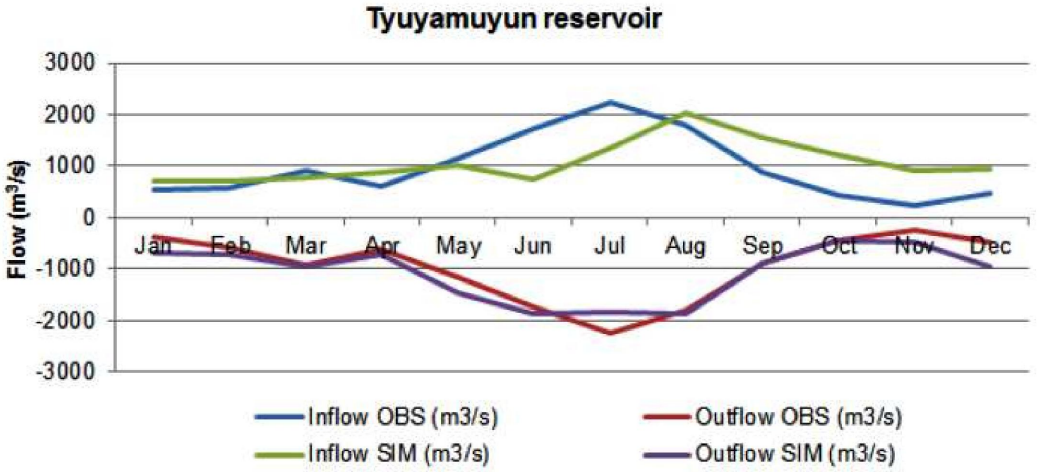



*Рис. 1 - Замеренный и смоделированный приток и отток воды в Туямуюнском водохранилище за базовый период*

В модели WEAP, помимо потребностей в воде сельского хозяйства и коммунально-бытовых нужд, были также учтены и другие потребности (например, использование воды для производства электроэнергии), не включенные напрямую в модели, при помощи задания специальных правил. Также были учтены последовательное использование сельхозкультур в течение одного года, инфильтрация воды в супесчаных и суглинистых почвах и другие параметры. Достоверность результатов моделирования была проверена на оценке реальной и смоделированной потребности в воде в бассейне р. Амударья. Смоделированная среднегодовая потребность в воде в размере 56672 млн м$^3$ отлично коррелирует с отчетными данными 56638–58565 млн м$^3$ на период 1997-2010, с ошибкой всего в 0,06-3,23 %.

**Результаты**. *Базовый период*. Согласно модели, потребность сельского хозяйства в воде в бассейне р. Сырдарья в летний период в тысячу раз превышает потребность в воде коммунального хозяйства и изменяется от 0 в зимний период до 8600 млн м$^3$ в июле (рис. 2). Наибольшее количество воды используется в Ферганской долине и в расположенных рядом с долиной областях.

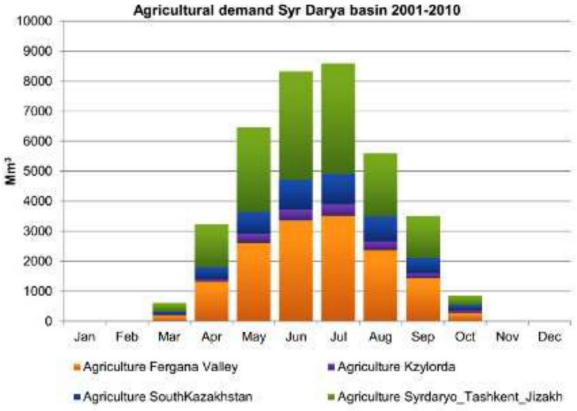



*Рис. 2 - Среднемесячная потребность в воде сельского хозяйства в бассейне р. Сырдарья за базовый период 2001-2010 гг.*

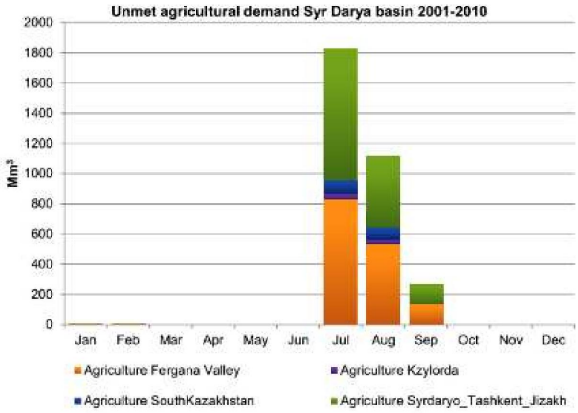



*Рис. 3 - Среднемесячная неудовлетворенная потребность в воде сельского хозяйства в бассейне р. Сырдарья за базовый период 2001-2010 гг.*

Неудовлетворенная потребность в воде возникает во всех зонах в период с июля по сентябрь (рис. 3), когда запас воды в водохранилищах максимально использован. Нужды коммунального хозяйства в воде в размере 9 млн м$^3$ в год остаются относительно постоянными в течение всего периода.

Неудовлетворенная потребность в воде для всего бассейна р. Сырдарья составляет примерно 8,7 % в год.

Аналогично изменяются потребность и неудовлетворенная потребность в воде водопотребителей в бассейне р. Амударья (рис. 4). Пик потребности возникает в июле, достигая значения 13200 млн м$^3$ в месяц. Территориями с наиболее высокой потребностью в воде являются долина Зеравшана, пустыня Каракум, а также площади вблизи Аральского моря.

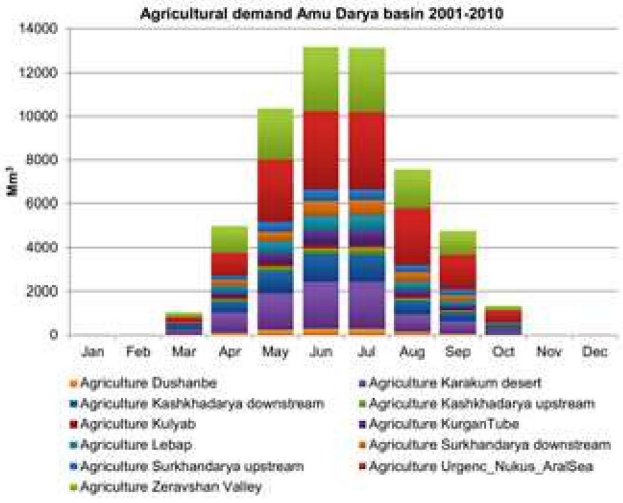



*Рис. 4 - Среднемесячная потребность сельского хозяйства в воды в период 2001-2010 гг.*

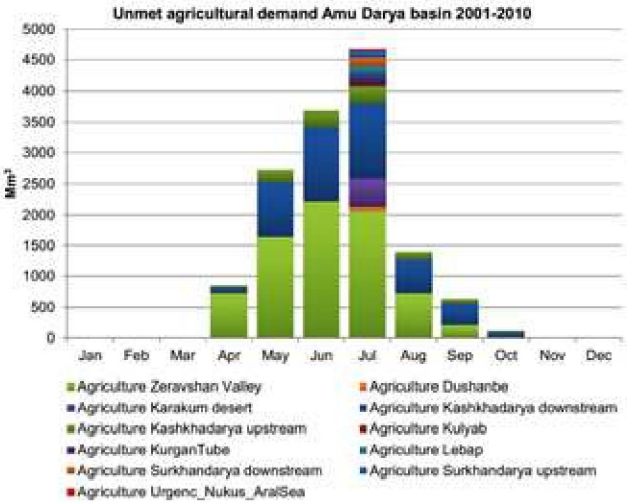



*Рис. 5 - Среднемесячная потребность сельского хозяйства в воды в период 2001-2010 гг.*

В отличие от бассейна р. Сырдарья, неудовлетворенная потребность в бассейне р. Амударья возникает на всей территории уже в апреле (рис. 5). Наибольшие значения

неудовлетворенной потребности, увеличивающиеся вплоть до июля, наблюдаются на территории притоков р. Амударья (долина р. Зеравшан, Кашкадарья). В период с августа по октябрь неудовлетворенная потребность наблюдается только на вышеупомянутых территориях, а в период с ноября по март потребность удовлетворяется.

Потребность коммунального хозяйства в воде составляет примерно 10 млн $м^3$ в месяц. Неудовлетворенная потребность составляет примерно 3,5 млн $м^3$, возникая в период с апреля по октябрь и максимальными значениями в июле. Для всего бассейна реки неудовлетворенная потребность составляет 24,9 % на годовой основе.

Согласно модели, общий годовой объем стока воды в Аральское море в среднем составляет 14844 млн $м^3$ в год. При этом смоделированные значения стока по обеим рекам оказались примерно одинаковыми (± 7200 млн $м^3$). Полученные данные по стокам хорошо коррелируют с наблюдаемыми значениями ежегодного притока воды в Аральское море.

*Прогноз доступности водных ресурсов на период 2021-2030 и 2041-2050.*

При моделировании прогноза были сделаны следующие предположения: численность населения, сельскохозяйственные площади и попуски из водохранилищ останутся постоянными на уровне 2000 г. Это было сделано с целью выделения эффекта влияния изменения климата от других причин, влияющих на потребность и неудовлетворенную потребность в воде. Были использованы пять ГМЦ, в данной статье представлены усредненные значения.

В бассейне р. Сырдарья годовая потребность в воде увеличивается на 3,7 % до 2041-2050 гг. (рис. 6). Однако годовая неудовлетворенная потребность увеличивается с 8,8 % в 2001-2010 годах до 34,3 % в 2041-2050 гг. Такое повышение объясняется повышением температуры, приводящим к усилению эвапотранспирации и, следовательно, к увеличению неудовлетворенных потребностей. Кроме того, поскольку изменение объема осадков незначительно, значительное увеличение неудовлетворенной потребности вызывается снижением формирования объемов стока в верховьях рек.

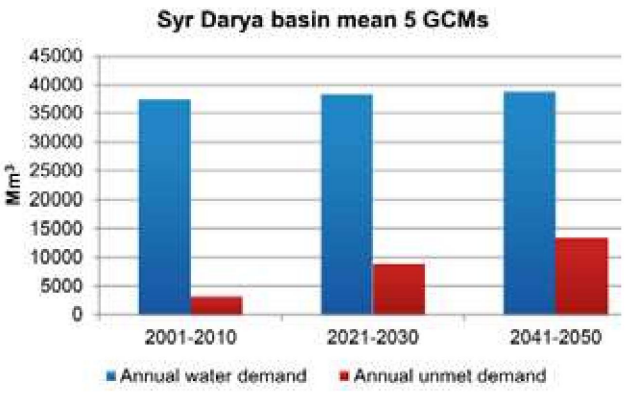



*Рис. 6 - Изменения годовой потребности и неудовлетворенной потребности в бассейне р. Сырдарья*

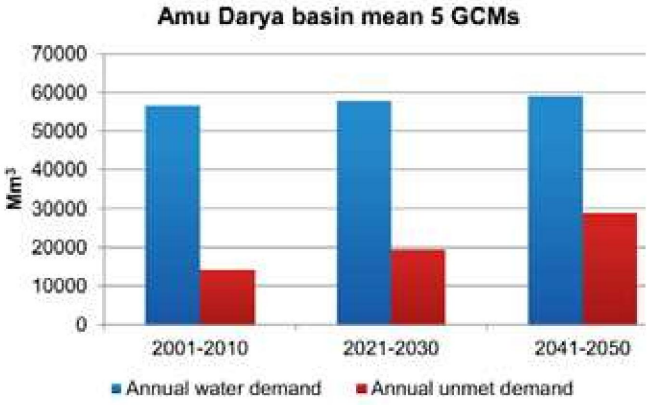
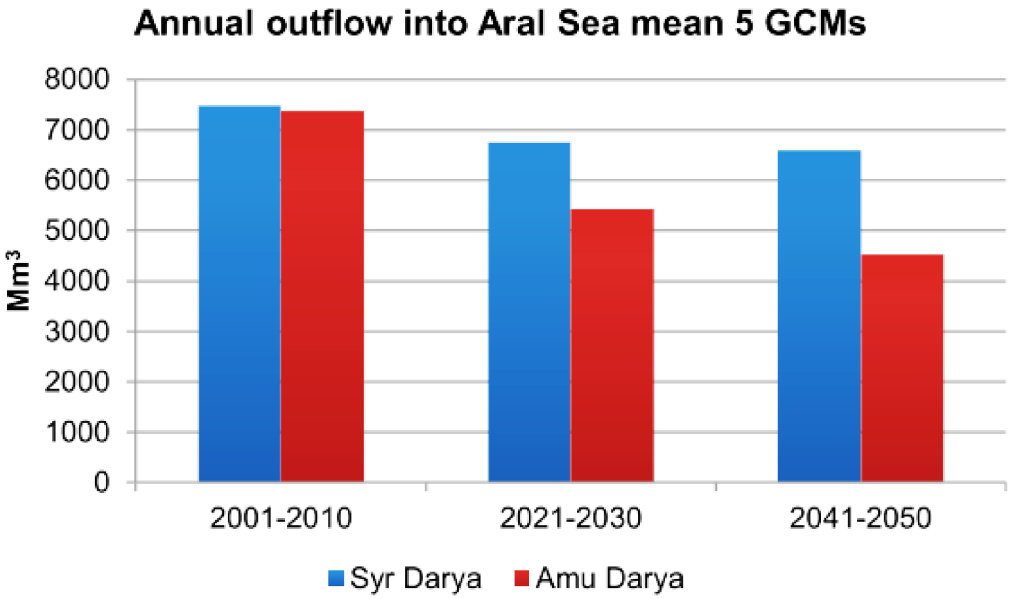



*Рис. 7 - Изменения годовой потребности и неудовлетворенной потребности в бассейне р. Амударья*

Ежегодная прогнозируемая потребность в воде в бассейне р. Амударья к 2041-2050 гг. увеличивается на 4,4 %, а неудовлетворенная потребность увеличивается с 24,8 % в 2001-2010 годах до 48,6 % в 2041-2050 гг. Несколько повышенная потребность в бассейне р. Амударья (4,4 %) по сравнению с потребностью в бассейне р. Сырдарья (3,8 %) связана с более высоким прогнозируемым повышением температуры.

Прогнозируемый среднегодовой сток в Аральское море уменьшится по обеим рекам (рис. 8). При этом, если сток р. Сырдарья в период до 2041-2050 гг. уменьшится на 10,8 %, то сток р. Амударья уменьшится на 38,3 %.




**Выводы**. В данной работе осуществлена попытка смоделировать изменения потребности и неудовлетворенной потребности в воде основных водопотребителей – сельского хозяйства и коммунального водоснабжения - в регионе бассейна Аральского моря. Разработка, калибровка и оценка достоверности модели поможет оценить изменения доступности водных ресурсов, а также опции распределения и управления этими трансграничными реками с учетом влияния изменения климата на водные ресурсы в регионе.

Оценка прогноза модели показала высокую достоверность. Спрогнозированный общий объем годового стока в нижнем течении сократится на 22-28 % по р. Сырдарья и на 26-35 % по р. Амударья к 2050 году. Значительное уменьшение стока (45 %) ожидается в течение летних месяцев в обоих бассейнах рек. Ежегодно потребность в воде к 2050 году в бассейне р. Сырдарья увеличится на 3,0-3,9 %, в бассейне р. Амударья на 3,8-5,0 %. Ежегодная неудовлетворенная потребность в бассейне р. Сырдарья увеличится с 8,8 % в настоящее время до 31,6-39,7 % в 2050 году, в бассейне р. Амударьи с 24,8 % до 45,8-54,5 %.

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Droogers, P., and Allen R.G. (2002), Estimating reference evapotranspiration under inaccurate data conditions, Irrigation and Drainage Systems, 16, 33-45.

2. Immerzeel, W., Droogers P., Terink W., Hoogeveen J., Hellegers P., Bierkens M. and Beek R. van (2011), Middle-East and Northern Africa Water Outlook, Wageningen.

3. Raskin, P., E. Hansen, Zhu Z. and Iwra M. (1992), Simulation of Water Supply and Demand in the Aral Sea Region, Water International, 17, 55-67.

УДК 681.5:631.3

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТАХ В КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ РЕСПУБЛИКИ

***Н. Аллабергенов, А.К. Чернышев***
*(МСиВХ РУз, НИИИВП при ТИИМ)*

Коллекторная сеть Узбекистана представляет собой значительную по протяженности динамичную систему, подверженную постоянному заилению, разрушению, зарастанию камышом, тростником и другими растениями с высокой биологической производительностью. Эти процессы снижают эффективность отвода с полей грунтовых вод, что, в свою очередь, приводит к повышению их уровня и вторичному засолению. Эти взаимосвязанные природные процессы приводят к снижению эффективности орошаемых земель. Отсюда следует необходимость постоянного поддержания открытой коллекторной сети в требуемом техническом состоянии, что является постоянной, актуальной и дорогостоящей задачей. Ежегодно утверждаются плановые показатели ремонтно-восстановительных работ на коллекторной сети - протяженность в километрах, объемы финансирования, число строительных организаций и техники (экскаваторы). Данные представлены в таблице.

Распределение показателей по территории РУз.

| | Наименование территории | Открытая коллекторная сеть, подлежащая ремонтно-восстановительным работам, км | Объем финансирования работ, млн сум | Количество ГУП | Всего землеройной техники (экскаваторы) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Республика Каракалпакстан | 21167,7 | 13496,4 | 4 | 50 |
| 2 | Андижан | 977,9 | 7890,4 | 3 | 21 |
| 3 | Бухара | 1200,6 | 6901,6 | 4 | 12 |
| 4 | Джизак | 484,3 | 4 991,1 | 4 | 25 |
| 5 | Кашкадарья | 679,4 | 5 848,1 | 4 | 30 |
| 6 | Навои | 366,9 | 2 873,9 | 2 | 10 |
| 7 | Наманган | 766,9 | 5117,1 | 4 | 20 |
| 8 | Самарканд | 498,8 | 3 625,6 | 4 | 20 |
| 9 | Сурхандарья | 1008,2 | 6 029,7 | 4 | 19 |
| 10 | Сырдарья | 348,4 | 4843,7 | 3 | 27 |
| 11 | Ташкентская | 894,2 | 5 540,4 | 3 | 38 |
| 12 | Ферганская | 1594,0 | 12008,5 | 4 | 66 |
| 13 | Хорезм | 1154,4 | 13486,0 | 5 | 22 |
| | Озерный коллектор | 13,1 | 785,9 | 1 | 5 |
| | Всего | 10575,4 | 79 565,7 | 50 | 365 |

Отметим, что для производства очистных работ на каждый отдельный участок разрабатывается и утверждается проектно - сметная документация, в которой детально учитываются геологические и прочие условия выполнения работ для используемой техники.

Для визуального анализа показателей, представим их на отдельных графических рисунках 1- 4.

Для того, чтобы осуществить реальный контроль (мониторинг) за работой землеройной техники и повысить эффективность, качество и скорость производства ремонтно-восстановительных работ. Для мониторинга работы землеройной техники на наш взгляд целесообразно создать электронную систему контроля за каждым землеройным агрегатом на уровне государственных унитарных предприятий (ГУП) или ДСП, которые финансируют работы по очистке коллекторов на основе договоров.

Общая ситуация представлена на графиках. Всего землеройной техники по министерству - 365 единиц. На областной ГУП приходится в среднем по 6-12 единиц.

Задача мониторинга землеройной техники заключается в обеспечении эффективности ее работы через оперативное обслуживание ремонтом и ресурсным обеспечением.




*Рис. 1 - Плановая протяженность открытых коллекторных сетей, на которых проводятся ремонтно-восстановительные работы (мех. очистка) по состоянию на 2013 г.*




*Рис. 2 - Показатели объемов затрат на ремонтно восстановительные работы на открытой коллекторной сети по областям РУз., млн сум.*

Средняя скорость проведения очистки коллекторной сети землеройной техникой составляет на один механизм 90-140 п.м/день, в зависимости от сопутствующих условий и сезона

работ. Разумеется, это число формируется исходя из времени простоя на ремонт, простоя из-за несвоевременного обеспечения топливом, болезнью или недисциплинированностью механика, организационными причинами – передислокацией землеройного агрегата, браком, допускаемым в процессе очистки коллектора, холостой работой двигателя и т.п.

Имея значение скорости очистки, можно для мониторинга землеройной техники выбирать масштаб карты, привязанной к космическому снимку в формате WGS84.




*Рис. 3 - Количество строительных организаций ГУП, участвующих в ремонтно-восстановительных работах на коллекторной сети по областям РУз., ед. Всего государственных унитарных предприятий в министерстве – 49 ед.*




*Рис. 4 - Количество экскаваторов, используемых на ремонтно–восстановительных работах на коллекторных сетях Республики Узбекистан*

Для этой цели предполагается использование GPS, навигационных приемником с функцией передачи геоданных о месте положения техники или оператора (машиниста). Такие GPS называются трекерами.

GPS-трекер представляет собой устройство, предназначенное для быстрого определения координат удаленных объектов, таких как грузовые и легковые автомобили, строительной техники, и передачи данных различными средствами.

Трекер может выступать в роли GPS-приёмника (ресивера) для передачи информации о местоположении на дополнительные устройства (КПК, смартфон, ноутбук) и в роли регистратора данных (даталлогера), т.е. собирать и накапливать данные во внутреннюю память с последующей передачей информации по проводным или беспроводным каналам, выводить на собственный дисплей различную информацию, иметь кнопку ТРЕВОГА и голосовую связь для оповещения о грозящей опасности и еще множество дополнительных функций.

По принципу передачи данных остановимся на **GPS/ГЛОНАСС/GSM/GPRS(EDGE) трекерах** – самом распространенном типе персональных трекеров. Небольшая стоимость GPRS(EDGE) трафика позволяет контролировать передвижение объекта практически в реальном времени. Увеличение объема производства привело к снижению цен на такое оборудование, а минимизация размеров привела к возможности использовать их как средство персонального наблюдения и контроля за любыми объектами, включая и подвижные технические средства. Такой трекер передаёт информацию только в зоне покрытия сети GSM, при отсутствии покрытия данные в некоторых моделях могут накапливаться во внутренней памяти и пересылаться пакетом, при появлении устойчивого приёма GSM-сигнала.

Оплачивается GPRS (EDGE) трафик согласно тарифному плану. Работает в любом месте земного шара при наличии роуминга, GPRS-модема и GSM-сети.

Принцип работы трекера такой же, как у сотового телефона, совмещенного с GPS приёмником. Трекер должен быть надёжным, иметь минимальные размеры и работать от электрических сетей любого подвижного состава.

Для реализации задачи оперативного мониторинга и эффективного управления работой техники целесообразно создание контролирующего диспетчерского пункта, оснащенного персональным компьютером и программным обеспечением для отображения географических данных от GPS навигаторов (трекеров).

Диспетчерский пункт может быть создан и при Управлении механизации министерства или при ГУП, и (или) на двух уровнях одновременно.

Это зависит от способа мониторинга и системы ресурсного обеспечения землеройной, а также транспортной техники, обеспечивающей подвоз топлива и передвижных ремонтных мастерских.

Чтобы решить такую серьезную задачу, необходимо иметь для каждой единицы землеройной техники, топливозаправщика и передвижной ремонтной мастерской по одной единице трекера. Общая потребность трекеров по министерству может составить, в нашем случае, 365 единиц. С топливозаправщиками и передвижными ремонтными мастерскими это число может увеличиться до 500 единиц.

Стоимость одного трекера (разные типы) колеблется в широких пределах, однако для условий Узбекистана могут подойти только те GPS трекеры, которые имеют расширенный диапазон эксплуатационных температур.

***Закрепление трекеров.***

***Вариант 1.*** Предполагает обеспечение специалистов ГУП GPS навигаторами с функцией передачи (трекерами). В этом случае определяется местоположение специалиста, когда он находится около землеройного агрегата или в ином месте. Предполагается, что сохранность и работоспособность трекера обеспечивается материально ответственным лицом. Эта схема представляет наиболее дешевый вариант, но как недостаток имеет возможность управления агрегатом другими лицами.

***Вариант 2.*** Трекеры устанавливаются непосредственно на землеройном агрегате.

Ответственность за его сохранность возлагается на оператора землеройного агрегата или лицо, ответственное м за него.

Вариант 2 более целесообразен тем, что полностью будет исключен «человеческий фактор» и путь (трек) проделанный агрегатом будет истинным.

ЗАТРАТЫ. Состоят из стоимости компьютера, программы системы «АвтоГРАФ» или иного программного продукта, трекеров типа АвтоГРАФ или после экономической оценки такого оборудования, затрат времени по использованию интернет-трафика и СМС-сообщений, а также создания картографического материала для системы мониторинга землеройной техники.

Компьютер Моноблок. Universal Compumir с экраном 21 дюйм. - Цена 800 долл. США. Производитель ЗАО «Компьютерный мир».

Стоимость Трекера АвтоГрафа GPS-Глонас составляет 450 долл. США. Есть и более дешевые трекеры, но с меньшими технологическими возможностями.

Трафик –2-3 долл. в месяц на 1 трекер. На год – 40 долларов на трекер. Для проверки эффективности такой системы следует начать с оснащения 1-2х ГУП, чтобы отработать технологию мониторинга технических средств и программного обеспечения.

Схема организации мониторинга технических средств представлена на рис. 5. Под проектом понимается комплекс землеройной и иной техники, реализующий соответствующий проект строительных или ремонтно-восстановительных (очистка) работ.

Экономические составляющие проекта мониторинга землеройной техники.

- Дисциплина производства работ.
- Снижение простоя землеройной техники.
- Экономия топлива.
- Повышение производительности.
- Снижение затрат службы обеспечения производства.
- Повышение зарплаты сотрудников за счет досрочного завершения строительных работ.

Ожидается, что затраты на создаваемую систему мониторингового обслуживания землеройной техники практически компенсирует финансовая статья, связанная с экономией топлива.

В случае положительного результата от внедрения мониторинга землеройных механизмов на нескольких ГУП, в министерстве (Управлении мелиорации земель) возникнет потребность создания единой системы мониторинга использования всей землеройной техники. В этом случае потребуется 14 комплектов диспетчерских пунктов с компьютерами и соответствующим количеством трекеров.

После полного запуска системы мониторинга потребуется эксплуатационное обслуживание 14 кустовых трекерных систем.

Все землеройные технические средства будут отображаться на мониторах соответствующих областных диспетчерских пунктов, которые будут иметь документируемую базу данных в составе географической информационной системы (ГИС) «Мелиорация».

Выделенные огромные средства на строительные и ремонтно-восстановительные работы должны быть полностью использованы на улучшение мелиоративной обстановки в республике. Для этого нужно качественное управление и детальный контроль использования этих средств.

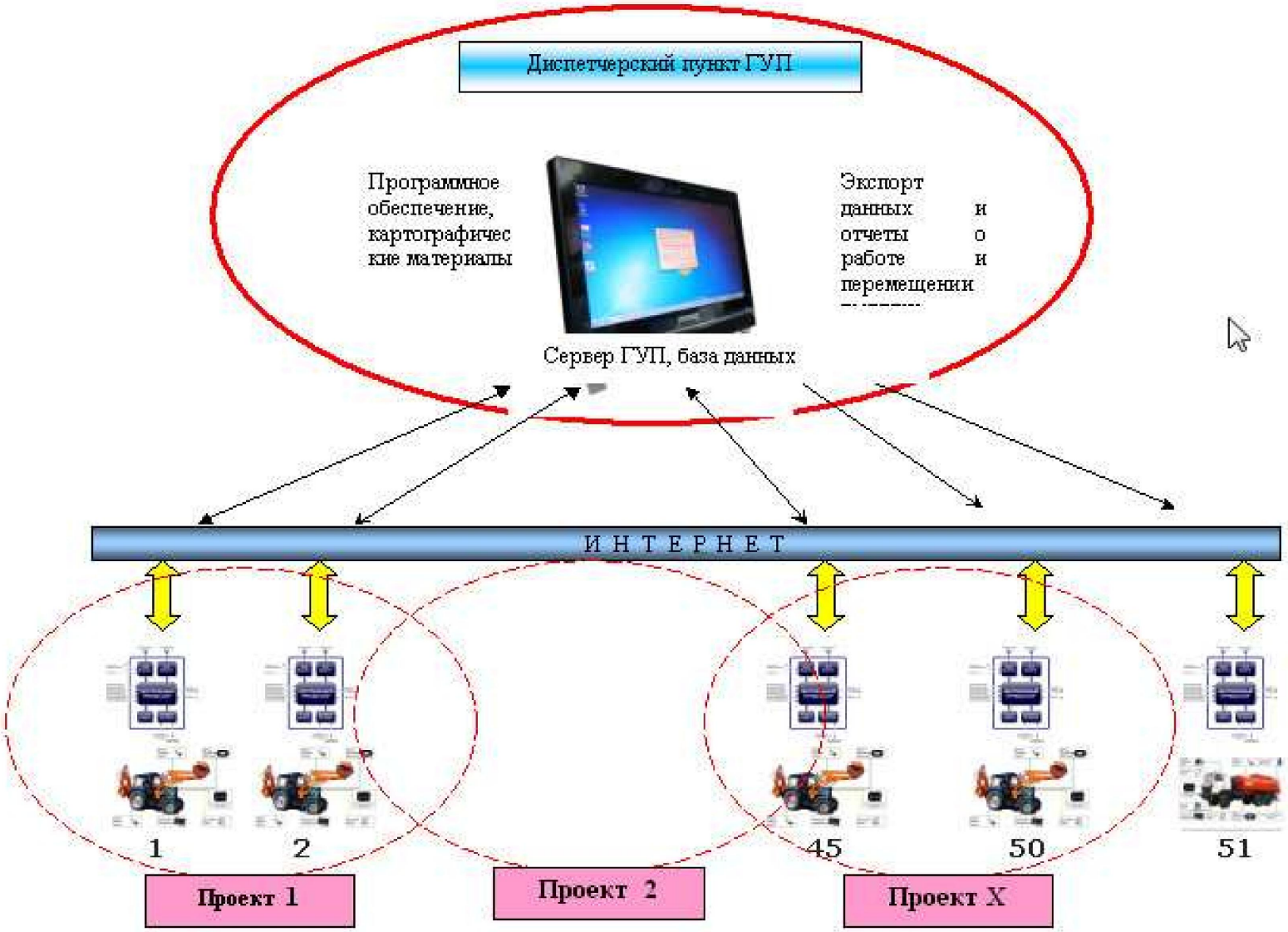



*Рис. 5 – Схема мониторинга землеройной техники на уровне ГУП*

УДК 626.83

# НАТУРНЫЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ «БАБАТАГ»

***А.И. Азимов, Т.Ш. Мажидов, О.Я. Гловацкий, Ш.Р. Рустамов***
*(ТИИМ, НИИИВП при ТИИМ)*

*Қуйидаги мақола "Боботоғ" НС аванкамерага сув келтирувчи режимли факторлар, қайсики насослар ишида кавитация ва емирилишга чидамликни оширишга йўл қўймасликка бағишланади. Муаллифлар томонидан "Боботоғ" НС дала шароитида илмий – тадқиқот изланишлари олиб борилди. бундан ташқари насос агрегатлари бўйича тадқиқот олиб. борилиб уларнинг ишини яхшилаш бўйича тавсия берилган.*

*The This article is dedicated to analysis modes factor cart water from forebay PS "Babatag", which will allow to raise cavitatijon and erosion stability of the work pump. The Author are organized of the test PS "Babatag" and pumping unit, which allow to perfect the parameters an unit.*

*Настоящая статья посвящена анализу режимных факторов подвода воды из аванкамеры НС «Бабатаг», которые позволят повысить кавитационную и эрозийную устойчивость работы насосов. Авторами проведены натурные испытания НС «Бабатаг» и насосных агрегатов, которые позволят улучшить параметры агрегатов.*

Насосная станция «Бабатаг» орошает 18200 га в Сурхандарьинском вилояте РУз. В рамках проекта «Реабилитация системы машинного канала Аму-Занг» в сентябре 2011 г. закончена комплексная реконструкция насосной станции (НС) «Бабатаг». По контракту поставку и монтаж насосных агрегатов (НА) произвела японская корпорация «Kubota». Вновь установленные НА имеют следующие номинальные параметры:

Насос – горизонтальный насос двустороннего входа марки DVL- 1400×900,

- подача 4,44 м$^3$/с;
- напор 78,28 м;
- частота вращения 600 об/мин;
- мощность на валу – не более 4000 кВт;
- КПД – не менее 86,0 %;
- допускаемый кавитационный запас (NPSHR) –не более 10,2 м.

При первичном обследовании разобранных насосов в январе 2012 г. специалистами были обнаружены признаки кавитационного повреждения (точечные каверны, идущие в глубину металла) и поверхностного абразивного износа рабочего колеса и проточной части, в т.ч. со стороны всасывающей полости насосов. По результатам обследования принято решение о частичной модернизации насосов.

При повторных комиссионных осмотрах оборудования в октябре и декабре 2012 г. выявлено сохранение характерных видов износа проточной части насосов. При этом, возможные причины повышенного износа являются следствием воздействия двух групп факторов: режимных - по подводу воды из аванкамеры, - и конструктивных - насоса. В этих же направлениях следует искать пути ослабления негативного воздействия кавитации и гидроабразивной эрозии на ресурс насосов.

Безразборными диагностическими методами определить кавитацию в центробежных насосах можно по срывному снижению напора, подачи и КПД, а также по присутствию характерного шума и вибрации. С этой целью произведены контрольные параметрические испытания работающих НА, обследование аванкамеры НС.

Настоящая статья посвящена анализу режимных факторов подвода воды, которые позволят повысить кавитационную и эрозийную устойчивость работы насосов [1, 2].

Сущность контрольных параметрических испытаний заключается в одновременном измерении и регистрации на рабочем режиме следующих параметров: подачи насоса; напора насоса; мощности электродвигателя; уровней воды в канале, сифонной камере и в напорном бассейне. НС оборудована водозаборными и водовыпускными сооружениями сифонного типа.

Дистанционные указатели для измерения уровней воды размещены в подводящем канале у водоприёмника, в каждой сифонной камере и в напорном бассейне. Манометры с аналоговым выходом установлены перед всасывающим и за напорным патрубками насосов с дублированием пружинными манометрами. Ультразвуковые расходомеры расположены на прямолинейном участке индивидуальных трубопроводов.

В декабре 2012 г. переносной расходомер располагался на индивидуальных трубопроводах, и проверялась индивидуальная подача насосов (см. табл., режимы 1-3).

При обработке результатов и расчёте параметров подача принималась непосредственно по показаниям расходомера.

Регистрация показаний на каждом режиме производилась дважды в течение 5 мин с интервалом между замерами 2 с по интегральной схеме, то есть каждое измерение представляло собой среднюю величину по восьми, следующим друг за другом, замерам. Полученные данные подвергались дисперсионному анализу (предельной погрешностью считается удвоенное среднеквадратичное значение отклонения), после чего средний по двум сериям результат принимался за расчётную подачу насоса.

Для насоса, снабжённого манометрами на входе и выходе, развиваемый напор определялся по формуле

$$H=0,102*(P_{m2} - P_{m1}) /\rho + 0,0827*Q^2/d^4 + Z_m,$$

где: $H$ – полный напор насоса, м; $P_{m1}$ и $P_{m2}$ – давление по манометру на входе и выходе из насоса, Па; $\rho$ – плотность перекачиваемой воды, кг/м$^3$ (при концентрации взвешенных частиц до 2,5 кг/м$^3$ вода считается чистой; $Q$ – подача насоса, м$^3$/с; $d$ = 1,4 м – внутренний диаметр всасывающего трубопровода в сечении измерения давления, м; $Zm$ = 0,0 м – разность отметок оси манометров, м.

При замерах расхода на групповом водоводе (см. табл., режимы 4-7) давление и подача насосов принимались равными среднему значению по группе.

Кавитация в новом насосе возникает по следующим причинам: отличие режимов работы насоса от номинального, особенно когда усиливается влияние вихреобразования; флуктуация скоростей и пульсации давления потока; ошибки при проектировании, в том числе при пересчёте кавитационного запаса с испытанной модели; использование недостаточно стойких материалов и др. Основной режимной причиной кавитации является эксплуатация насосов при пониженных уровнях воды нижнего бьефа и неблагоприятных гидравлических условиях подвода воды из аванкамеры.

Проверка достаточности полного напора на входе в насос производится путём сравнения фактического ($\Delta h$) и допускаемого значения кавитационного запаса ($\Delta h_{доп}$).

Условие отсутствия кавитации в насосе обеспечивается при $\Delta h \geq \Delta h_{доп}$

Полный абсолютный напор на всасывании насоса за вычетом напора, соответствующего давлению пара, отнесённый к плоскости оси рабочего колеса $\Delta h$ (NPSHA), для фактической схемы проводимых испытаний определяется по формуле

$$\Delta h = 0,102*(P_{m1} + P_б - P_п) / \rho + 0,0827*Q^2/d^4 + Z_{m1},$$

где $P_{m1}$ – давление воды на входе в насос, Па; $P_б$ - барометрическое давление на высоте установки насосов, Па; $P_п$ – давление насыщенного водяного пара на входе в насос, Па; $Z_{m1}$ – разность отметок оси манометра $m1$ и оси рабочего колеса насоса, м.

Расчёт выполняется для условий насоса № 5 (см. табл., режим 3), который имел максимальную подачу и минимальный уровень воды нижнего бьефа.

За уровень воды в нижнем бьефе принимается уровень воды в открытой сифонной камере, где происходит разрыв напорного потока и воронка во всасывающей линии.

Превышение имеющегося $\Delta h$ над $\Delta h_{доп}$ составляет 14,35 – 10,2 = 4,15 м, то есть условия для появления кавитации во время испытаний отсутствовали.

Подобный расчёт для наиболее неблагоприятного режима: минимальный уровень воды в сифонной камере 364,0 – 0,24 = 363,76 м (потери напора в сифоне) и максимальная подача насоса 5,23 м$^3$/с (по расчёту корпорации «Kubota»), уменьшает подавляющее кавитацию превышение $\Delta h$ до 0,98 м.

Практически кавитация наступает раньше, однако имеет локальный характер и не влияет на характеристику насоса.

Для снижения кавитационных явлений в насосах большое значение имеет поддержание высоких уровней воды в подводящем канале [1].

Во время обследования водослив работал на перелив глубиной 10 см, поддерживая уровни воды у водоприёмника НС на 9 см выше проектного максимально допустимого уровня.

| Номер режима | Номер НА | Режим работы | | ∇УВНБ | ∇УВВБ | *Нг* | ∇ | $H_s$ | *Q* | *Qср* | *Рм 1* | *Рм 2* | *Н* | *N* | $\eta$ | $\eta_н$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Отметка уровня воды в канале | Отметка уровня воды в сифонной камере | Отметка уровня воды в напорном бассейне | Напор геометрии ческий | Потери напора в сифоне | Подпор над осью рабочего колеса | Общая подача по нитке | Средняя единичная подача | Давление на входе в насос | Давление на выходе из насоса | Напор насоса | Мощность, потреб ляемая электро - двигателем | К.п.д. агрегата | К.п.д. насоса |
| | | | м. абс. | м. абс. | м. абс. | м | м | м | м3/с | м3/с | МПа | МПа | м | кВт | % | % |
| 1 | 8 | 8 | 365,39 | 365,16 | 433,69 | 68,53 | 0,22 | 4,01 | 4,90 | 4,90 | 0,037 | 0,78 | 75,76 | 4335 | 84,0 | 86,3 |
| 2 | 8 | 8+5 | 365,14 | 364,93 | 433,69 | 68,77 | 0,21 | 3,77 | 9,72 | 4,77 | 0,035 | 0,78 | 75,97 | 4300 | 82,7 | 84,9 |
| 3 | 5 | 8+5 | 365,14 | 364,94 | 433,69 | 68,75 | 0,19 | 3,79 | 9,72 | 4,95 | 0,043 | 0,745 | 71,58 | 4420 | 78,6 | 80,7 |
| 4 | | 5+7+8 | 365,90 | 365,68 | 435,70 | 70,02 | 0,22 | 4,53 | 13,94 | 4,65 | 0,038 | 0,770 | 74,64 | 4253 | 80,0 | 82,1 |
| 5 | | 5+7+8 | 365,90 | 365,68 | 435,70 | 70,02 | 0,22 | 4,53 | 13,52 | 4,51 | 0,038 | 0,780 | 75,66 | 4165 | 80,3 | 82,5 |
| 6 | | 1+2 | 365,90 | 365,69 | 435,70 | 70,01 | 0,21 | 4,54 | 9,50 | 4,75 | 0,037 | 0,760 | 73,72 | 4252 | 80,8 | 83,0 |
| 7 | | 1+2 | 365,90 | 365,69 | 435,70 | 70,01 | 0,21 | 4,54 | 9,10 | 4,55 | 0,037 | 0,775 | 75,25 | 4188 | 80,2 | 82,4 |

*Примечание: В режимах №1-3, 5 и 7 сифоны водовыпуска разряжены.*

Такой уровень при стабильном режиме работы НС безопасен и энергоэффективен, но представляет угрозу при внезапной остановке насосов, например, при погашении в энергосистеме.

Для повышения оперативности управления в целях ослабления кавитационной нагрузки на насосы и энергосбережения на НС целесообразно произвести реконструкцию НС «Бабатаг», проточной части насосов, автоматизировать работу сооружений НС с помощью системы SKADA.

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Гловацкий О.Я., Азимов А.И., Уралов Б.Р. Исследования динамики изменения осредненного поля скорости в аванкамере насосной станции «Шерабад» //«Гидротехника иншоотларининг самарадорлигини, ишончлилиги ва хавфсизлигини ошириш» Республика илмий амалий конференция материаллари – Т, 2013 - С. 309-313,

2. Гловацкий О.Я., Бекчанов Ф.А., Эргашев Р.Р. Разработка систем диагностирования насосных агрегатов ирригационных систем //«Гидротехника иншоотларининг самарадорлигини, ишончлилиги ва хавфсизлигини ошириш» Республика илмий–амалий конференция материаллари –Т., 2013. - С. 7-10.

УДК: 627.157

# СТРУЯЛИ СУВ КЎТАРГИЧЛАР ИШ РЕЖИМИНИНГ ЛАБОРАТОРИЯ ТАДҚИҚОТЛАРИ

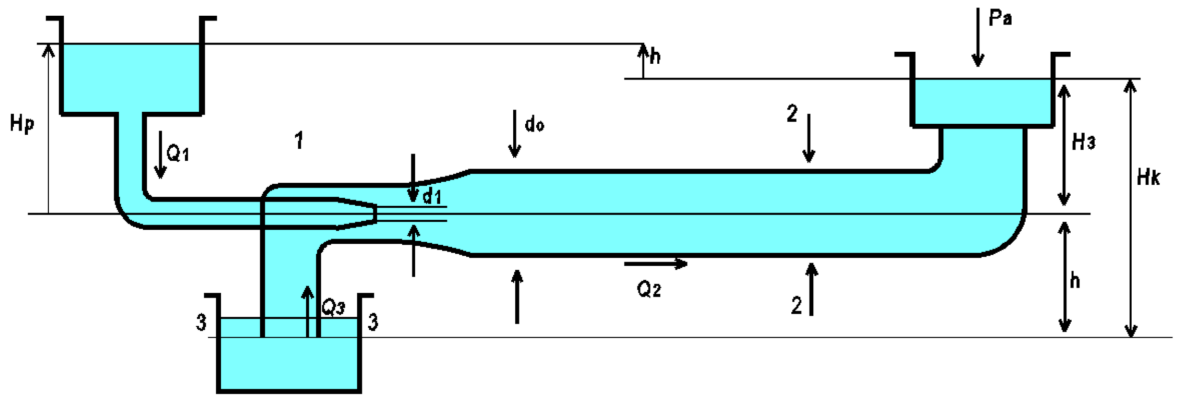
***А. Арифжанов, Д. Абдураимова, М. Отахонов, З. Ибрагимова***
*(ТИМИ)*

Ўзбекистон Республикасида суғориладиган ерлар учун мўлжалланган сув танқислиги кундан-кунга ошиб бормоқда. Натижада, сув ҳажмини бошқарувчи иншоотларни реконструкция қилиш, янгиларини барпо этиш масаласи ва мавжуд иншоотлар ишини ресурстежамкор технологияларни кенг қўллаган ҳолда такомиллаштириш кун тартибидаги муҳим масала бўлиб қолмоқда. Бугунги кунда ўзлаштирилаётган ерлар кўп ҳолларда насос орқали суғориш учун мўлжалланган. Бу эса ўз -ўзидан қўшимча харажатга олиб келади. Айни пайтда сув сатҳидан 4–5 метр баландликда жойлашган ерларни ҳам насос орқали суғоришга тўғри келади. Шу билан бирга ҳозирги кунда техниканинг қатор соҳаларида ресурстежамкор технологияларга асосланган суюқлик узатиш мосламаларидан фойдаланилмоқда. Шулар жумласидан струяли сув кўтаргичлардир.

Струяли сув кўтаргич иш принципида ишчи оқим ёрдамида камерада вакуум юзага келтирилади ва сув босимлар фарқи ҳисобига маълум баландликка кўтарилади. Яъни, хулоса шундан иборатки сув кўтаришни оқим босимини ўзгартириш орқали амалга ошириш мумкин.

Струяли сув кўтаргичларни лаборатория шароитида синаш учун жараённи моделлаштириш талабларига амал қилиш лозим.

Жараённи умумий схематик куринишини 1- расм асосида ифодаласак, у ҳолда сув кўтаргич параметрларини қуйидагича ифодалаш мумкин:




*1- расм*

1. Ишчи напор- сув кўтаргич мосламани ишга туширувчи манба: Ишчи камеранинг кириш (1-1) ва чиқиш (2-2) қисмидаги напорлар фарқи асосида аниқланади:

$$H_p = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\upsilon_1^2}{2g} - \frac{p_2}{\gamma} - \frac{\upsilon_2^2}{2g}$$

2. Керакли напор: Сув кўтаргич мосламасида ҳосил қилинадиган напор.

$$H_к = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\upsilon_2^2}{2g} - \frac{p_3}{\gamma} - \frac{\upsilon_2^2}{2g}$$

3. Ишчи оқим сарфи:

$$Q_1 = \vartheta_1 \cdot \omega_1 = \vartheta_1 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_1{}^2$$

4. Узатилаётган сув сарфи:

$$Q_1 = \vartheta_3 \cdot \omega_3 = \vartheta_3 \cdot \frac{\pi(d_0{}^2 - d_1{}^2)}{2}$$

5. Сув кўтаргичнинг Ф.И.К.

$$\eta = \frac{H_к \cdot Q_3}{H_p \cdot Q_1}$$

Бу турдаги сув кўтаргичларда гидравлик қаршиликлар ҳисобига энергия йўқолишлари кўп бўлади.

Напор йўқолишлари оқимларнинг қўшилиш жараёнларида, сув кўтаргич ишчи қисмининг деворларида ишқаланиш ҳисобига ҳамда оқим кинетик энергиясини камайтириш натижасида (диффузорда) юзага келади. Бу жараённи тўла баҳолаш учун лаборатория шароитида изланишлар олиб боришни тақозо этади.

Моделлаштириш талаблари асосида жараённи ўрганишда асосий параметрларни ўлчов бирликларсиз ёзамиз ва қуйидаги параметрларни киритамиз:

Нисбий напор: $H = \frac{H_к}{H_к + H_p}$

Нисбий сарф: $q = \frac{Q_3}{Q_1}$

У ҳолда юқоридагилардан фойдаланиб Ф.И.К учун қуйидаги ифодани ёзамиз:

$$\eta = \frac{q \cdot H}{(1 - H)}$$

Сув кўтаргич ишчи камерасининг геометрик ўлчамларини қўйидаги кўринишда ифодалаймиз:

$$S = \frac{d_0^2 - d_1^2}{d_1^2}$$

Бу йўналишда олиб борилган изланишлар таҳлилидан [1,2 ва бошқ.] маълумки, $H_p + H_к = cons't$ бўлган ҳолат учун сув кўтаргичнинг бир неча характеристикаларини олиш мумкин.

Бу характеристикаларни лаборатория шароитида сув кўтаргич моделини яратиб, синаб кўриш мумкин. Моделлаштириш қўйидаги талаблар асосида амалга оширилди.

1. “S” қийматининг бир хиллиги баробарида, геометрик ўхшашлик шарти бажарилди.
2. Сув кўтаргич иш қисмидаги нисбий ғадир-будурлик қийматининг деярли бир хиллиги таъминланди.
3. Кинематик ўхшашлик талаблари бажарилишида ($q = cons't$), Рейнолдс мезони ўхшашлиги $\mathrm{Re} = cons't$ шартига амал қилинди.

Рейнолдс мезони қўйидагича аниқланди [1, 3]:

$$\mathrm{Re} = \frac{d_1\sqrt{2g(H_k + H_p)}}{\nu}$$

Агар ишчи напор тезлигини қуйидагича аниқласак:

$$\vartheta_c = \frac{Q}{\omega_c}$$

Сув кўтаргичда хосил бўладиган фойдали напорни қуйидаги тенглама асосида ёзамиз:

$$H_{k_1} = \frac{\vartheta_c^2}{2g}\left[\frac{2}{S} + \frac{S-2}{(S-1)^2}q^2 - \frac{1}{S^2}(1+q)\right],$$

Қувурлар тизимидаги напор йўқолишларини инобатга олсак, фойдали напорни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$H_k = H_{k_1} - h_f$$

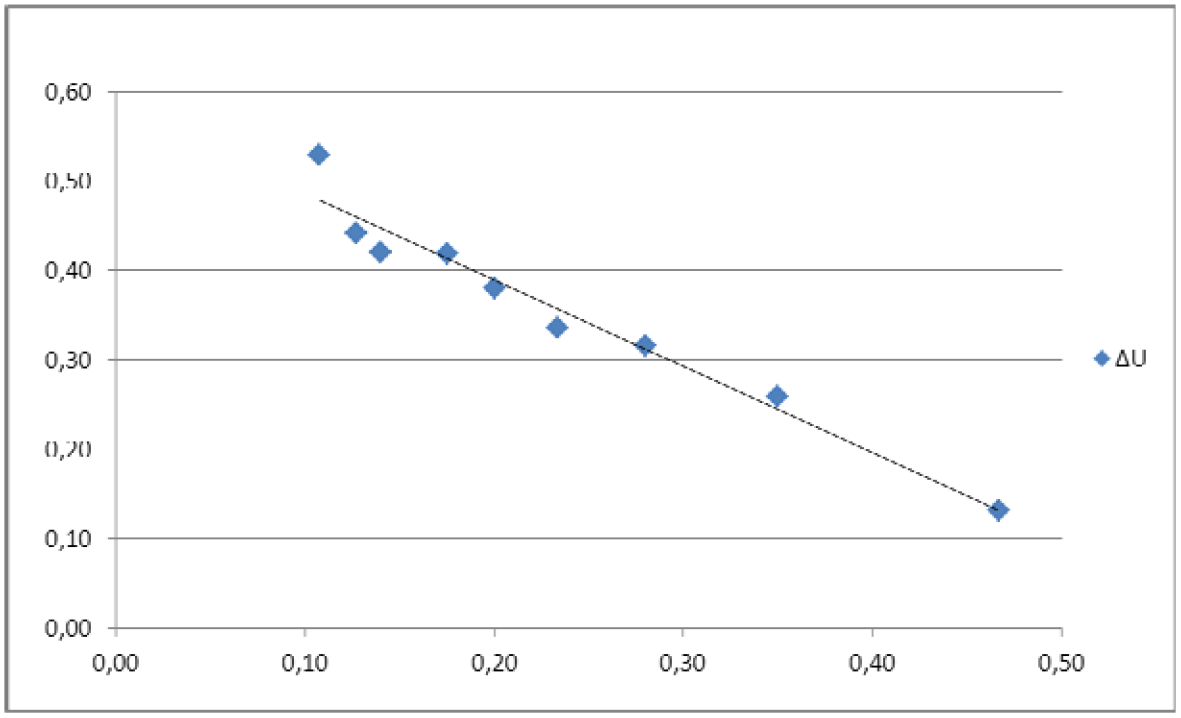
$h_f$ - тизимда йўқолган напор.

Сув кўтаргичда хосил бўладиган фойдали напорнинг ҳақиқий миқдори сув кўтаргичда йуқолган напор билан тўғридан тўғри боғлиқ. Йуқолган напор миқдори гидравлик ҳисоб бўйича аниқланади.

Тадқиқот объекти параметрлари асосида сув кўтаргич мосламанинг гидравлик ҳисобини бажарамиз. Сув кўтаргич мосламани текшириш бўйича тажрибалар ҳар хил сарфларда ва ҳар хил напорларда амалга оширилди.

1 Жадвал - Струяли сув кўтаргич гидравлик параметрларининг таҳлили ($d_Н$=10мм;)

| № | $H_р$, см | $Q_р$, м$^3$/с | $H_v$, см | $Q_1$, м$^3$/с | $Q_0$, м$^3$/с | ΔH | **ΔU** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 150 | 383 | 70 | 52 | 435 | 0,46 | 0,14 |
| 2 | 200 | 398 | 70 | 100 | 498 | 0,35 | 0,25 |
| 3 | 250 | 445 | 70 | 141 | 586 | 0,28 | 0,32 |
| 4 | 300 | 473 | 70 | 155 | 628 | 0,23 | 0,33 |
| 5 | 350 | 502 | 70 | 195 | 697 | 0,2 | 0,39 |
| 6 | 400 | 613 | 70 | 255 | 868 | 0,18 | 0,42 |
| 7 | 500 | 705 | 70 | 295 | 1000 | 0,14 | 0,42 |
| 8 | 550 | 815 | 70 | 360 | 1175 | 0,13 | 0,44 |
| 9 | 650 | 895 | 70 | 472 | 1367 | 0,1 | 0,53 |




*2 Расм - Струяли сув кўтаргич характеристикаси*

Тажрибалар натижасида олинган қийматлар асосида струяли сув кўтаргичнингг напор характеристикалари $Q_1 = f(\Delta H_1)$ (1-Жадвал, 2-расм) кўрилди.

Олинган натижалар таклиф этилаётган қурилма сувни маълум баландликка кўтариш имкониятига эга эканлигини кўрсатди.

*АДАБИЁТЛАР:*

1. Латипов К.Ш. Гидравлика, гидромашиналар, гидроюритмалар. – Тошкент: Ўқитувчи, 1992 – 420 б.

2. Арифжанов А., Рахимов Қ., Ҳамроев С Гидравлический расчет струйного аппарата // САНИИРИ на пути к интегрированному управлению водными ресурсами. – Ташкент, 2010. – С. 73-74.

3. Дусқулова Н, Абдурайимова Д. Кичик напорли ресурстежамкор сув кўтаргичлар // САНИИРИ на пути к интегрированному управлению водными ресурсами. – Ташкент, 2010. – С. 128-130.

4. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. – М.: Энергия, 1970

УДК 627.157

# ЧЎКИНДИЛАРНИНГ ОҚИМ УЗУНЛИГИ БЎЙИЧА ТАҚСИМОТИ ДИНАМИКАСИ

***А. Арифжанов, Л. Самиев, Д. Абдураимова***
*(ТИМИ)*

Чўкиндиларнинг оқим узунлиги бўйича тақсимоти динамикасининг тадқиқоти асосида суғориш каналларидаги тиндиргичлар ҳисобини амалга ошириш мумкин бўлади. Тиндиргичлар сув таъминоти тизимининг асосий қисми ҳисобланади, уни қуриш ва эксплуатация қилиш кўп харажатларни талаб этади. Қуриладиган сув тозалаш иншоотларини мумкин қадар арзон бўлишини ва эксплуатация шароитларида кам харажат талаб қилиши учун сув тозаловчи иншоотларни лойиҳалаётганда сув объектларининг асосий гидравлик хоссаларини тўлиқ ўрганиш талаб этилади [1, 2, 3 ва б.]

Тиндиргичлар ҳисоби канал иш режими, йил давомида каналдан ўтаётган заррачаларнинг ўртача гидравлик йириклигини хисобга олган холда ва тармоқнинг максимал сув сарфи қийматлари асосида олиб борилади.

Ҳозирги пайтда бу ҳолатларни тўлиқ инобатга олиб, чўкиндиларнинг оқим узунлиги бўйича тақсимотини ифодаловчи назарий ишланмалар якунланмаган. Мавжуд ҳисоблаш услублари текис ҳаракатга мўлжалланган бўлиб, тиндиргичларда юзага келадиган нотекис ҳаракатни инобатга олиш имконияти чекланган.

Юқоридагиларни инобатга олиб, оқимнинг нотекис ҳаракат дифференциал тенгламасини қуйидаги кўринишда ёзамиз [3, 4, 5 ва б.]

$$i - \frac{dh}{dx} = -\frac{\alpha Q_0^2}{g} \cdot \frac{1}{\omega^3}\left(\frac{\partial \omega}{\partial s} + B\frac{dh}{ds}\right) + \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} \qquad (1)$$

бу ерда: $Q_0 = Q_1 + Q_2$,

$Q_1$- сув сарфи, $Q_2$ –лойқа сарфи,

$$Q_2 = (1 - SQ_1,$$

$S$ –лойқалик миқдори; C – Шези коэффициенти; R – гидравлик радиус;

$\omega$ - оқимнинг кўндаланг кесим юзаси; B – оқим сатҳининг эни; Q – оқим сарфи;

$\alpha$ - Кориолис коэффициенти.

Оқим узунлиги бўйича чўкиндилар тақсимотини ифодалаш учун молекуяр-кинетик назариядан фойдаланамиз.

У ҳолда, муаллақ чўкиндиларни кинетик энергияси ўзгаришини қуйидагича ифодалаймиз[2, 3 ва б.]:

$$\frac{dK_x}{dx} = -g(\rho_T - \rho)W_T n \sin\alpha + \frac{1}{2}\rho W_T n \frac{d\vartheta_T^2}{dx} \qquad (2)$$

бу ерда $\rho$ ва $\rho_T$ - мос равишда суюқлик ва қаттик зарралар зичлиги;

$W_T$ - шар кўринишидаги қаттик зарра хажми;

$\vartheta_T$ - оқимдаги чўкинди тезлиги;

$g$ - эркин тушиш тезланиши;

$\sin\alpha$ - ўзан нишаблигининг горизонталга нисбатан бурчак қиймати;

$n$ - оқимдаги зарралар сони.

Тенгламани (2) ечими асосида, оқим узунлиги бўйича чўкиндилар тақсимоти учун қуйидаги ифодани оламиз:

$$S = S_0\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^{2\sigma} \exp\left\{-\frac{D}{Q^2}\int_o^x \sin\alpha\omega^2 dx\right\} \qquad (3)$$

D – оқимдаги чўкиндини характерловчи параметр:

$$D = \frac{3g(\rho_T - \rho)}{2\rho_T}\left(\frac{d_i}{d_o}\right)^3;$$

бу ерда $S_0$, $\omega_0$ - мос равишда бошланғич створдаги ўртача лойқалик ва жонли кесим юзаси;

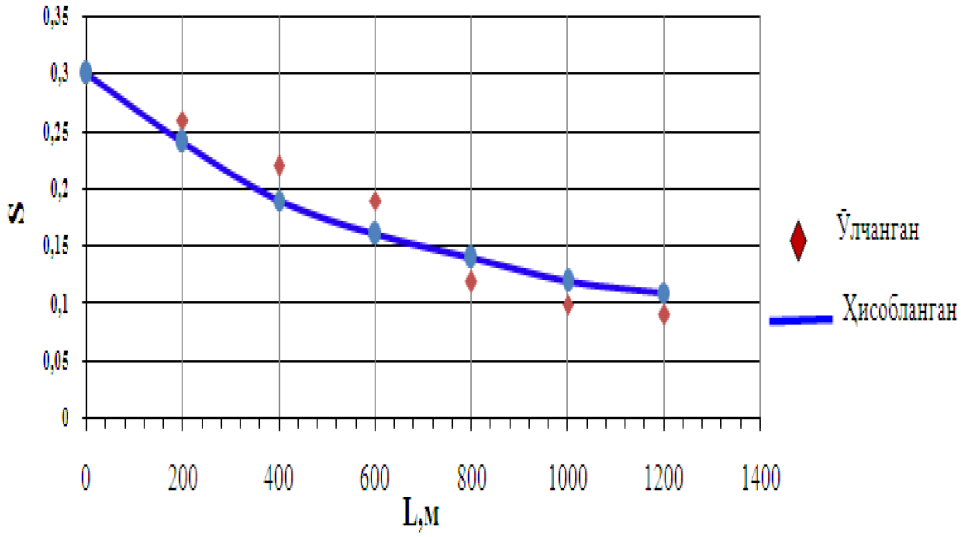
$\rho$ ва $\rho_T$ - мос равишда суюқлик ва қаттиқ зарралар зичлиги; d - қаттиқ заррачаларнинг диаметри.

Юқоридаги формулани x га нисбатан функция бўлган ихтиёрий кесимдаги ўзан узунлиги бўйича лойқаликнинг тақсимланишини ҳисоблаш учун фойдаланиш мумкин. Бунда асосий қийинчилик бу функцияни танлаш ва интегрални ҳисоблашдир.

Бунинг учун (1), (2) ва (3) тенгламаларни биргаликда ечимини топиш лозим булади.

Тенгламалар системаси сонли усулда ечилади ва унинг учун махсус ҳисоблаш дастури ишлаб чиқилди.

Натижада нотекис ҳаракат давомида чўкиндиларни оқим узунлиги бўйича тақсимотини ифодаловчи ҳисоблаш услуби яратилди.




*Расм - Чўкиндиларнинг оқим узунлиги бўйича ўзгариш графиги*

Таклиф этилган ҳисоблаш услубининг афзаллиги шундан иборатки, тенгламада оқим узунлиги бўйича чўкиндилар тақсимоти оқимнинг гидравлик элементларини ўзгаришига боғликдир. Бу эса жараённи тўлароқ ифода этишга имкон беради.

Таклиф этилган ҳисоблаш услубини таҳлил қилиш учун табиий дала шароитида (Миришкор каналида, Катта Фарғона каналида) ўтказилган изланишларда туплаган маълумотлардан фойдаланилди.

Ўлчанган ва ҳисобланган қийматларни солиштиришдан (Расм) маълум бўлдики таклиф этилган услубни амалиётга тавсия этиш мумкин

*АДАБИЁТЛАР:*

1. Арифжанов А.М. Методы расчёта распределения частиц наносов в руслах переменного сечения // Гидротехническое строительство. - 2004. - № 4. – С. 50-54.

2. Арифжанов А.М. Распределение взвешенных наносов в стационарном потоке // Водные ресурсы. - 2011. – Т. 28, № 2 – С. 185-187.

3. Арифжанов А.М., Фатхуллаев А.М. Гидравлический расчет оросительных каналов в земляном русле // Кишлок ва сув хўжалиги муаммолари: Тез. докл. научн. конф. (3-6 май 2004).– Ташкент, 2004. - 66-67 б.

УДК 681.5: 626.810

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОПОПОТРЕБЛЕНИЯ НА УРОВНЕ АВП И ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

***И.А. Ахмедходжаева, Н. Икрамов***
*(НИИИВП при ТИИМ)*

После провозглашения независимости в Узбекистане колхозы и совхозы были заменены частными фермерами и ассоциациями водопотребителей (АВП). В 2008-2010 годах в Узбекистане была проведена оптимизация фермерских хозяйств и было зарегистрировано 80628 хозяйств. Более 50 % потерь воды происходит из-за недостатков системы доставки орошаемой воды и несовершенной практики орошения на уровне АВП и фермерских хозяйств. Кроме того, низкое качество доступных данных о земле и водных ресурсах, отсутствие аналитических инструментальных средств использования воды не позволяет своевременно принимать правильные решения.

В этом отношении, улучшение использования водно-земельных ресурсов, увеличение эффективности водоподводящей системы для орошения, применение водосберегающих технологий и средств водоучета, развитие системы мониторинга использования воды и информационно-аналитической системы, основанной на передовой науке и технологии, является очень важным.

Данная работа выполняется в рамках программы «Каждая капля дорога», которая направлена на достижение Целей Тысячелетия путем адаптации к изменению климата и управления водой с участием общественности. Работа направлена на улучшение использования водных ресурсов на уровне АВП и фермеров, и при этом будут выполнены следующие работы:

1. Разработка научно-обоснованной системы мониторинга и оценки на основе изучения ситуации на пилотном участке, включающая:

- ГИС-карту с базой данных для АВП, включающую в себя всю инфраструктуру оросительных сооружений, виды сельхозкультур, орошаемые площади, данные по воде и т.д.
- Программный продукт для вычисления водного баланса и эффективности оросительной системы, включающий аналитические инструментальные средства для мониторинга.

2. Оснащение системы доставки воды измерительными устройствами для улучшения управления водой и анализ экономии воды.

3. Демонстрация подготовки земли (планировка) и применения эффективных водосберегающих технологий (улучшенные способы бороздкового полива и капельное орошение).

4. Разработка рыночной системы стимулирования экономии воды для фермеров. Проведение тренингов для персонала АВП и фермеров.

5. Создание Ресурсного Центра для обеспечения поддерживающих услуг фермерам, включая тренинги, направленные на повышение продуктивности и дохода фермеров.

В качестве пилотной была выбрана АВП «Прогресс Нур», которая расположена в Пастдаргомском районе Самаркандской области. В настоящее время в Самаркандской области 37 АВП обслуживают 8804 фермерских хозяйств, и выбранная АВП является типичным для области по организации водораспределения и имеющимся проблемам. АВП обслуживает 2000 га земли подвешенные к НС Мехнатобад-3. Выбранный пилот олицетворяет также ситуацию с 70 % насосными станциями в бассейне. Фермеры используют воду, поднятую на высоту 72 м, которая является достаточно дорогим и субсидируется правительством. В последние 5 лет 127 га сельскохозяйственных земель и 46 га приусадебных участков заброшены из-за недостатка воды. Инфраструктура орошения, созданная в советское время, полностью изношена. Водозабор осуществляется из целого ряда отверстий, проделанных фермерами в напорном трубопроводе

диаметром 1200 мм. Командная площадь разделена на различные по размеру участки (от 5 до 80 гектаров) и разной формы: квадраты, прямоугольники, треугольники.

Нужно отметить, что этот участок выбран проектом МСВХ и ПРООН «План ИУВР и водосбережения для бассейна р. Зарафшан» в качестве пилотной зоны для демонстрации водо- и энергоэффективности. Один из главных условий снижения энергозатрат – повышение эффективности использования воды. Проект ПРООН покрыл расходы на капитальный ремонт насосно-силовых агрегатов насосной станции, а также строительство машинного канала протяженностью 4 км и водораспределительных узлов, которые будут оснащены гидропостами. Однако, вопросы внутрихозяйственного водопользования не входят в состав задач того проекта.

Стратегия увеличения продуктивности воды не может разрабатываться в полной мере, если в вопросах орошения не учитываются имеющиеся потери воды, особенно на уровне поля, что составляет более 50 % потерь. Была изучена вся оросительная инфраструктура, транспортирующая воду для полива, и определены проблемы в орошаемой площади. Проект в основном направлен на адаптацию управления водой в условиях изменения климата посредством демонстрации технических механизмов (например, улучшение ирригационной инфраструктуры водопотребителей, и т.п.) и демонстрации современных водосберегающих технологий для фермеров, чтобы увеличивать продуктивность в условиях изменения климата.

Для этого выбраны 2 экспериментальных участка: на одном проводятся сельскохозяйственные работы традиционным способом, на втором – по современным агротехнологиям (Рис 1). Для мониторинга водопользования фермерами построены водомерные сооружения на входе и выходе этих участков.




*Рис. 1 - Места расположения основных объектов для проведения исследований*

На выбранных участках (Фото 1 и 2) выполнена планировка полей, и будут применены улучшенные методы бороздкового полива. Кроме этого, будет протестирована эффективность капельного орошения, которая будет построена частично за счет проекта.



*Фото 1 -Выбор испытательных участков*



*Фото 2 - Процесс установки гидропостов*

В процессе работы были собраны следующие исходные данные: технические данные по каналам и сооружениям (пропускная способность, размеры, состояние, проблемные участки, эффективность работы и т.п.), водозаборы и водовыпуски, управление водой на данной территории, типы водомеров, документация о поставке воды, отчеты, план водопользования, земельные ресурсы, виды культур, данные о месторасположении фермерских и домашних хозяйств, имеющееся оборудование. Выполнен глубокий анализ местной ситуации по анализу данных по доставке воды и водопотреблению, использованию фермерских земель, данных по доходам и затратам.

На основе этого анализа разработан Программный продукт для выполнения расчетов баланса воды. Ниже на Рис. 2 показана электронная водоболансовая схема. При этом инструменты расчета водного баланса интегрированы в мониторинговую систему, на основе которого фермеры могут принять правильное и своевременное решение по размещению культур и воды.

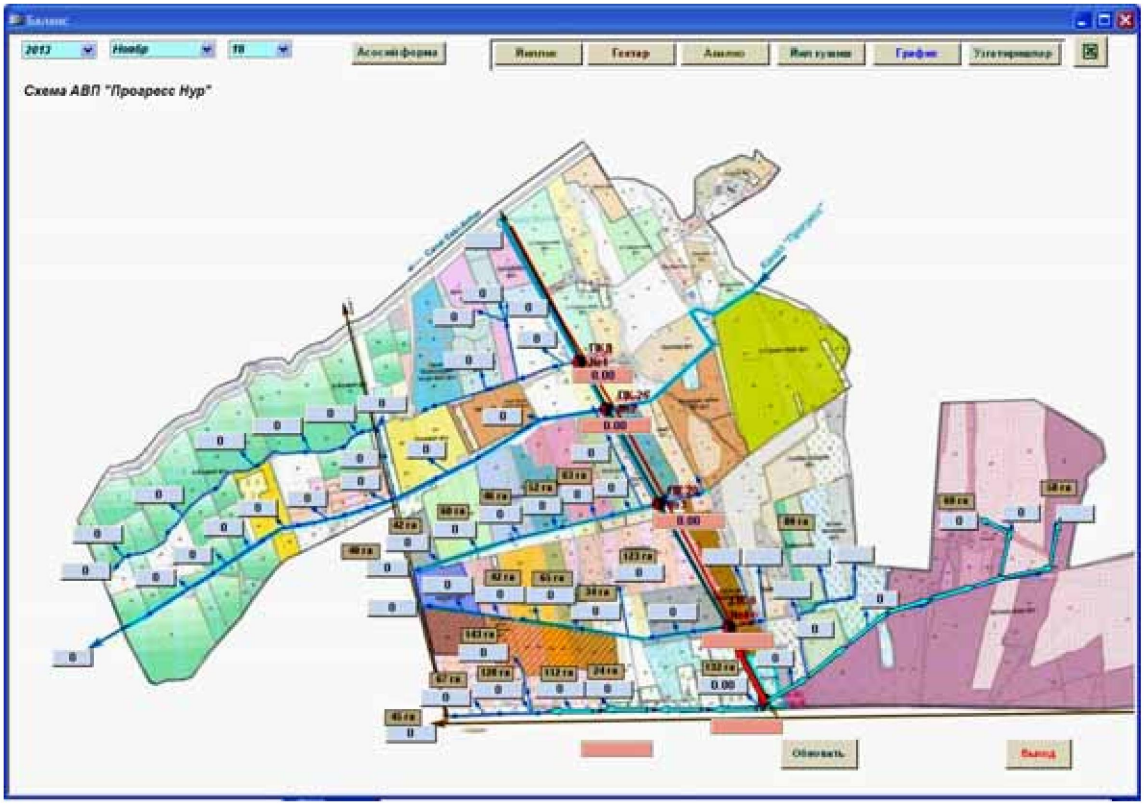



*Рис. 2 - Электронная водобалансовая схема*

Из этого рисунка видно, что кроме объемов поданной или запланированной для подачи воды, можно отслеживать площади орошения. Программа обрабатывает и анализирует данные и централизованно хранит водохозяйственную информацию. Данная программа позволяет:

- управлять экономичным распределением водных ресурсов, посредством ежедневного мониторинга вводимой информации,

- контролировать качество вводимой информации по оперативным данным,
- получать различные виды выходных и отчётных форм,
- трансформировать требуемые объемы оперативных данных в форматы Excel для дальнейшего их использования вне базы данных,
- систематизировать накопленный схематический материал.

Можно получить значения ежедневного, декадного, месячного, а также годового объема водопользования или гектаров, а также оценить эффективность принимаемых решений по плану или данных по факту. Отчетные материалы выводятся в табличной форме, или при необходимости, в графической.

На рис. 3 приведены формы и расчетные зависимости по объемам воды в системе и значения полей, где проведены поливы. На электронной карте будет наглядно видно, на каком участке происходит переполив, а где наблюдается нехватка воды.

Расчеты выполняются по зависимости, позволяющей учитывать характеристики водотока, потери воды на испарение и фильтрационные потери. Модель основана на балансовых уравнениях, в которых используются плановые показатели или имеющиеся фактические характеристики по водоподаче. Уравнение водного баланса расчетного участка за данный интервал времени Δt (сутки, декады, месяц) имеет вид (млн $м^3$):

$$W_1 + W_2 - V_1 - V_2 - P = \Delta W$$

Где $W_1$ - поступление воды на отсек участка; $W_2$ - приток КДС в пределах отсека; $V_1$ – отток с замыкающего створа; $V_2$ - водозабор на участке; P - потери воды; ΔW - невязка баланса. Потери определяются по формуле (млн $м^3$):

$$P = P_{исп.} - P_o + P_{ф.п.} - P_{ф.пр.}$$

где $P_{исп}$ - потери на испарение; $P_o$ - поступление воды за счет осадков; $P_{ф.п}$ - фильтрационные потери; $P_{ф.пр}$ - фильтрационный приток на участок, который имеет существенное значение для данного участка по гидрогеологическим характеристикам.

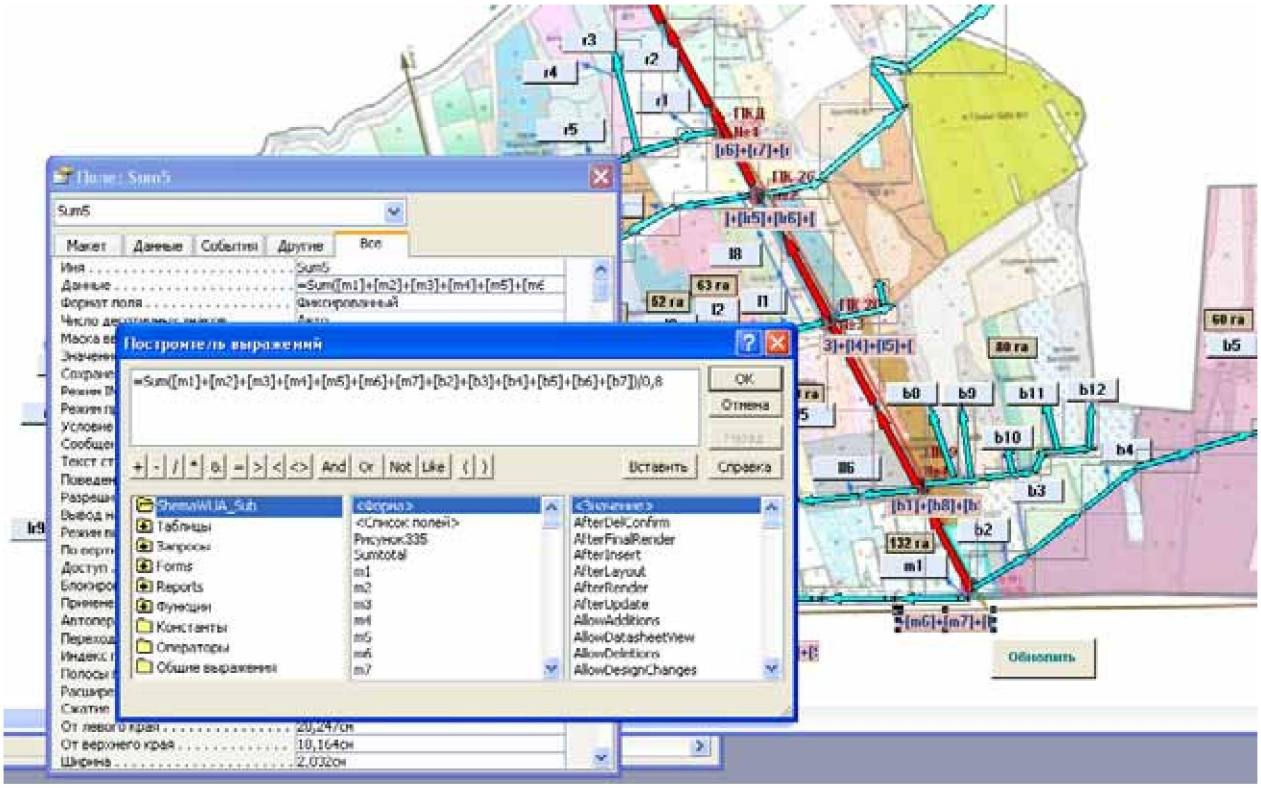



*Рис. 3 - Формы для расчетов объема воды в системе и значения политых гектаров*

Сумма возвратных вод на участке количественно равна разнице между объемом доставленной воды и суммарным значением потерь. Возвратные воды состоят в структуре расходов воды, являются дополнительными водными ресурсами и используются

нижерасположенными фермерами. В этом заключается их позитивная роль.

Для оценки доли возвратного стока в общем расходе воды предстоит собрать данные о водозаборах фермерами и сбросах по каждому из межучастковых интервалов. Однако, возвратные воды являются также источником серьёзного загрязнения почвы и роста его минерализации.

Разработанная водобалансовая модель для внутрихозяйственных оросительных каналов с аналитическим модулем для оценки, планирования и оперативного перераспределения воды между фермерами и домохозяйствами, включая линейные схемы инфраструктуры в рамках АВП, на базе в MSAccess, Visual basic и других ИТ инструментов позволят эффективно распределять воду. Специалисты АВП «Прогресс Нур» и фермеры будут иметь необходимую прозрачную информацию касательно плана водораспределения, и при необходимости возможность корректировки плана, а также о полученной воде.

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Денисов Ю.М., Сергеев А.И., Побережский Л.Н. Метод оценки водообеспеченности орошаемой территории // Тр. САНИГМИ. – 1996. - Вып.149. - С. 68-78.

2. Денисов Ю.М., Мягков С.В. Математическое моделирование и современные методы гидрологических расчетов и прогнозов. // Тр. САНИГМИ. – 1996. - Вып.149.

3. Microsoft Access. Система управления реляционными базами данных для Windows. Руководство пользователя - Microsoft Corporation.

4. Водосберегающие технологии в фермерских хозяйствах / ИВМИ. Проект «ИУВР-Фергана». 2009.

5. Вода – жизненно важный ресурс для будущего Узбекистана / ПРООН, Ташкент, 2007 г.

6. Мухамеджанов Ш.Ш., Халиуллина А.Р. Инновационное партнерство / Научно-информационный центр МКВК, Узбекистан.

УДК 681.5:628.8

# ВЫБОР ЗАКОНОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ НА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

***И. Бегимов***
*(НИИИВП при ТИИМ)*

*The article considers the algorithms of the selection of automatic water level control law for irrigation channels through computer simulation of the dynamic processes running in water facilities automatic control systems based on their structural representation.*

*Мақолада ирригация каналларидаги автоматик бошқариш тизимлари учун автоматик ростлаш қонунлари алгоритмларини, сув хўжалиги объектлари автоматик ростлаш тизимларида ўтадиган динамик жараёнларни уларнинг таркибий тузилиши асосидаги компьютерда моделлаштириш асосида танлаш масалалари кўриб чиқилган.*

*В статье рассматриваются алгоритмы выбора закона автоматического регулирования уровня воды на ирригационных каналах с помощью моделирования динамических процессов, протекающих в системах автоматического регулирования водохозяйственном объекте на основе их структурного представления.*

Автоматизация процессов управления ирригационными каналами в условиях изменяющейся водоподачи и водопотребления требует применения современных систем автоматического регулирования, которые в сочетании со средствами телемеханики и вычислительной техники позволяют получить близкие к оптимальным режимы работы участков канала, гидротехнических сооружений, насосных станций и значительно сократить непроизводительные потери водных ресурсов.

В системе автоматического регулирования уровня воды верхнего бьефа обратная связь осуществляется с помощью измерения уровня воды верхнего бьефа перегораживающего сооружения. Измеренный сигнал поступает в устройство сравнения, где определяется отклонение заданного значения уровня воды с измеренным значением. Далее сигнал отклонения поступает в

регулятор уровня воды, где по выбранному закону регулирования регулятора вырабатывает управляющее воздействие на открытие или закрытие затвора перегораживающего сооружения.

Рассмотрим описание представленной системы регулирования уровня воды верхнего бьефа перегораживающих сооружений на участках канала (рис. 1).

Участок канала – 1:

Граничные условия при $x=0$ участка – 1:

$$Q_1(0,t) = F_0(t) = \mu_0 \omega_0(t) \sqrt{2g[z_{вб}(t) - z_1(0,t)]}, \quad (1)$$

Уравнение регулятора $P_0$ уровня (расхода) воды нижнего бьефа:

$$\omega_0(t) = W_{r0}(t,\ H_0(b_0,t),\ H_0^*(t)), \quad (2)$$

где $W_{r0}$ – оператор (закон) регулирования регулятора 1, $H_0(b_0, t)$ –уровень воды на участке-1, где стоит датчик уровня воды, $b_0$ – расстояния от начала участка, $H_1^*(t)$ – задания на регулятор $P_0$.

Граничные условия при $x=l_1$ участка – 1:

$$\begin{aligned} Q_1(l_1,t) &= F_1(t) + Q_2(t) + Q_3(t), \\ F_1(t) &= \mu_1 \omega_1(t) \sqrt{2g[z_1(l_1,t) - z_2(0,t)]}, \end{aligned} \quad (3)$$

Уравнения регуляторов $P_1$, $P_2$ и $P_3$, уровня (расхода) воды нижнего бьефа:

$$\omega_2(t) = W_{r2}(H_2(b_2,t), H_2^*(t)), \quad \textbf{(4)}$$

где $W_{r0}$ – оператор (закон) регулирования регулятора 1, $H_1(b_1\ t)$ – отметка уровня воды на участке-*1,* где стоит датчик уровня воды, $b_1$ – расстояние от начала участка, $z_i^*(t)$ – задание на регулятор $P_0$.

Система регулирования по верхнему бьефу работает следующим образом. Если, например, по каким-то причинам уровень воды верхнего бьефа увеличивается по сравнению с заданным значением уровня воды, то регулятор вырабатывает сигнал на открытие затвора на определенную величину, вычисленную законом регулирования регулятора. После открытия затвора перегораживающего сооружения уровень воды верхнего бьефа начинает снижаться, так как расход воды по перегораживающему сооружению будет больше его предыдущего значения. Регулятор будет корректировать значение открытия затвора перегораживающего сооружения до тех пор, пока уровень воды верхнего бьефа не станет близким к заданному значению.

В системе регулирования по верхнему бьефу (рис. 1) в боковых водовыпусках, расположенных перед перегораживающими сооружениями, применяются системы регулирования расхода воды. Обычно регулирование расхода воды в водовыпусках реализуется посредством регулирования уровня воды в расположенных ниже водовыпуска гидропостах, имеющих однозначные расходные характеристики.

В системах автоматического регулирования уровня воды на участках канала обычно применяются различные регуляторы уровня воды.

В практике автоматизации водохозяйственных систем применяются гидравлические, электрические и электронные регуляторы уровня воды. Гидравлические регуляторы, в основном, имеют законы регулирования непрерывного действия, а электрические и электронные регуляторы - дискретного.

**Законы регулирования для автоматических регуляторов уровня воды на ирригационных каналах (рис. 2).** Законы регулирования гидравлических регуляторов обусловлены, в основном, их конструктивными элементами [1-5], в большинстве случаев эти законы пропорциональные или пропорционально-интегральные. Электрические регуляторы [4], в основном, реализуют пропорционально-интегро-дифференциальные (ПИД) законы регулирования. Применение программируемых логических контроллеров в контуре системы регулирования водохозяйственных объектов позволяет применять довольно сложные законы регулирования в контуре управления.

**Пропорциональный закон регулирования**, когда управляющее воздействие, т.е. значение открытия затворов, определяется пропорционально по значению отклонения фактического значения уровня воды от заданного.

Пропорциональный закон регулирования записывается следующим образом

$$Q(t) = Q_0 + k\theta(t), \tag{5}$$

где $Q_0$ – начальное значение регулирующего воздействия; $k$ – коэффициент пропорциональности; $\theta(t)$ – значение рассогласования регулируемой величины.

**В пропорционально-интегральном законе регулирования** управляющее воздействие, т.е. значение открытия затворов, определяется пропорционально значению отклонения фактического значения уровня воды от заданного и интеграла отклонения по времени.

Пропорционально-интегральный закон регулирования записывается следующим образом

$$Q(t) = Q_0 + k\left(\theta(t) + \frac{1}{T_i}\int_0^t \theta(\tau)d\tau\right) \tag{6}$$

где $Q_0$ – начальное значение регулирующего воздействия; $k$ – коэффициент пропорциональности, $T_i$ – постоянная времени интегрирования; $\theta(t)$ – значение рассогласования регулируемой величины.

Рассмотрим применение ПИД законов регулирования с помощью программируемых контроллеров.

**Пропорционально-интегрально-дифференциальный закон** (ПИД) представляет собой стандартный алгоритм, используемый для контроля непредсказуемо меняющихся величин.

Пропорционально-интегрально-дифференциальный закон регулирования записывается следующим образом

$$Q(t) = Q_0 + k\left(\theta(t) + T_d\,\frac{d\theta(t)}{dt} + \frac{1}{T_i}\int_0^t \theta(\tau)d\tau\right), \tag{7}$$

где $Q_0$ – начальное значение регулирующего воздействия; $k$ – коэффициент, $T_d$ – постоянная времени дифференцирования; $T_i$ – постоянная времени интегрирования; $\theta(t)$ – значение рассогласования регулируемой величины.

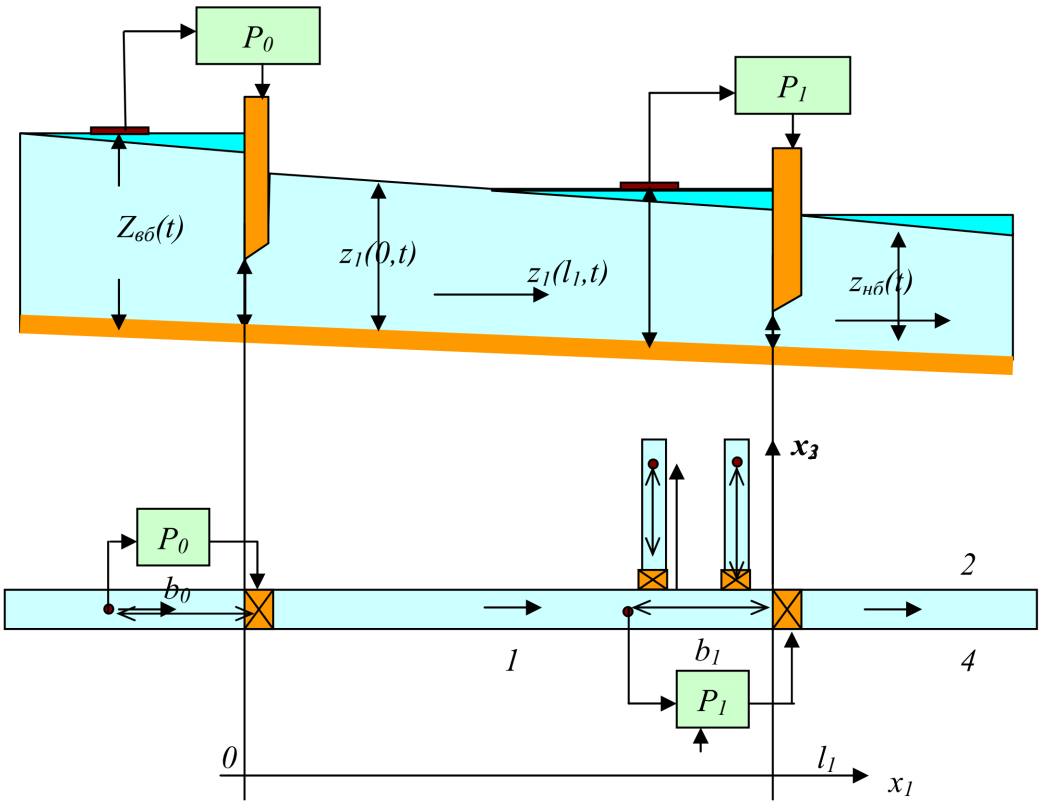



*Рис. 1 - Система автоматического регулирования по верхнему бьефу*

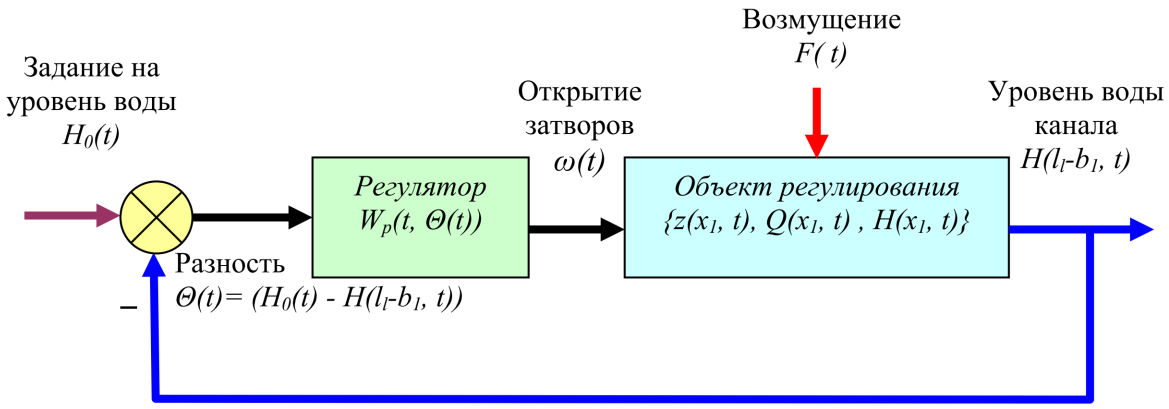



*Рис. 2 – Структурная схема системы автоматического регулирования уровня воды на участке канала*

Далее приведем принцип реализации на контроллере ПИД-регулятора:

$$Q^{k+1}{}_{вых} = Q_0 + (k\,(P^k + I^k + D^k)) \qquad (8)$$

где:

$Q^{k+1}{}_{вых}$ – выходное значение регулятора
$Q_0$ – величина постоянного смещения
$k$ – коэффициент пропорциональности контроллера
$P^k$ – пропорциональный член
$I^k$ – интегральный член

$D^k$ – дифференциальный член

Пропорциональный член вычисляется по следующей формуле:

$$P^k = H^k_{зад} - H^k_{фак} \quad (9)$$

где:

$P^k$ – пропорциональный член
$H^k_{зад}$ – задаваемая величина уставки уровня верхнего бьефа
$H^k_{фак}$ – фактический уровень верхнего бьефа

Интегральный член вычисляется по следующей формуле:

$$I^k = I^{k-1} + \frac{(P^k + P^{k-1})}{2}\frac{dt}{T_i} \quad (10)$$

где:

$I^k$ – интегральный член
$I^{k-1}$ – интегральный член, вычисленный в предыдущий момент времени (на предыдущем шаге)
$P^k$ – пропорциональный член
$P^{k-1}$ – пропорциональный член, вычисленный в предыдущий момент времени (на предыдущем шаге)
$dt$ – временной шаг контроллера (интервал времени, с которым контроллер производит вычисления)
$T_i$ – постоянная времени интегрирования

Для расчета дифференциального члена используется следующее выражение:

$$D^k = \frac{(H^{k-1} - H^k)}{2}\frac{T_i}{dt} \quad (11)$$

где:

$D^k$ дифференциальный член
$H^{k-1}$ фактический уровень в верхнем бьефе, измеренный на предыдущем шаге
$T_i$ – постоянная времени дифференцирования

В рассмотренных алгоритмах, если не учесть член дифференцирования, мы получим алгоритм **пропорционально-интегрального закона регулирования, или если не учесть члены дифференцирования и интегрирования, то получим пропорциональный закон регулирования**.

Основными параметрами закона регулирования ПИД-регулятора являются параметры $k$, $T_i$ и $T_d$.

Эти параметры определяется по качеству переходного процесса в системе автоматического регулирования. Так как объекты водохозяйственной системы относятся к нелинейным объектам с распределенными параметрами аналитическое определение этих параметров из условия наилучшего качества переходного процесса в настоящее время не разработаны. Поэтому определение параметров $k$, $T_i$ и $T_d$ осуществляется на основе математического моделирования или на реальном объекте экспериментальным путем в процессе настройки системы регулирования.

В [7-9] разработан метод моделирования сложных систем с распределенными параметрами, основанный на их структурном представлении.

Для моделирования динамических процессов в системах автоматического регулирования водохозяйственного объекта на основе их структурного представления решаются следующие задачи: расчленение системы регулирования по участкам каналов и русел; составление структурной схемы взаимосвязанных участков по типам условий сопряжения; нахождение матрицы дискретного представления по ее структурной схеме и матрицам дискретного представления каждого блока. Эта задача решается путем преобразования исходной структурной схемы к более простым структурным схемам.

Последовательность действия при этом такова:

1. Составляется математическое описание системы автоматического регулирования

водохозяйственного объекта (системы уравнений участков ирригационного канала с начальными и граничными условиями и условиями сопряжения, уравнение регулятора и др.).

2. Выделяются блоки, описывающие типовые водохозяйственные объекты, имеющие алгоритмы моделирования.

3. Выбираются алгоритмы дискретного представления выделенных блоков.

4. Составляется структурная схема системы автоматического регулирования водохозяйственного объекта и выделяются входные и выходные сигналы.

5. Вычисляются элементы матрицы дискретного представления системы путем последовательного преобразования ее структурной схемы, при этом используются алгоритмы вычисления характеристик соединений распределенных блоков.

6. По заданным входным сигналам определяются выходные сигналы.

7. По разработанным алгоритмам составлены программные модули для расчета динамических процессов системы автоматического регулирования уровней воды.

Соблюдая эту последовательность, составляем структурное представление системы регулирования по верхнему бьефу.

**Составление структурной схемы.** При структурном подходе к моделированию рассматриваемой системы ее следует расчленить на две части:

- система с распределенными параметрами, описываемая уравнениями Сен-Венана с известными начальными и граничными условиями в [6];

- сосредоточенная система, представляющая собою звено с коэффициентом передачи *K*. Такое расчленение удобно, т.к. уже имеется дискретное представление соответствующего распределенного блока [6].

Рассматривая выражение $W(t_k)\left[\left(z(b,t_{k+1})-z_0(b)\right)-h^*(t)\right]+g_1(t)$ как новое граничное воздействие на объект, приложенное в точке $x=l$, найдем выражение для вектора

$$w_N^{k+1}=\left\{w_{1N}^{k+1},w_{2N}^{k+1}\right\}:$$

$$\begin{aligned} w_{1N}^{k+1} &= s_{11}^k Q_N^k + s_{11}^k z_N^k - \tau\left[\left(\frac{\partial f_1}{\partial Q}\right)_N^k Q_N^k + \left(\frac{\partial f_1}{\partial z}\right)_N^k z_N^k\right]_N^k + \tau\, f_1^{k+1}, \\ w_{2N}^{k+1} &= W\ (t_k)\left[\left(z(b,t_{k+1})-z_0(b)\right)-h^{*k+1}\right]+g_2^{k+1} \end{aligned} \qquad (12)$$

или

$$\begin{aligned} w_{1N}^{k+1} &= s_{11}^k Q_N^k + s_{11}^k z_N^k - \tau\left[\left(\frac{\partial f_1}{\partial Q}\right)_N^k Q_N^k + \left(\frac{\partial f_1}{\partial z}\right)_N^k z_N^k\right]_N^k + \tau\, f_1^{k+1}, \\ w_{2N}^{k+1} &= W^k\left[\left(\delta_{ri}(z_i^{k+1}-z_{0i}\right)-h^{*k+1}\right]+g_2^{k+1}, \end{aligned} \qquad (13)$$

где $\delta_{ri}$ – символ Кронеккера, $r$ – номер ближайшего к точке $a$ узла пространственной сетки; $a_{nm}$- параметры объекта; $Q^{k+1}{}_{ni}$ $(n=1,2;\ i=1,\ldots,N)$ - дискретное значение функции состояния распределенного объекта, соответствующее $n$ - му выходу в $i$ - й пространственной точке на $k+1$–ом временном слое; $f^{k+1}{}_{mi}$ $(m=1,2;\ i=1,\ldots,N)$ – дискретное значение внешнего распределенного воздействия, приложенного к $m$–му входу системы в $i$–й точке пространства на $k+1$–м временном слое.

В случае ПИД регулятора выражение для $W^k$ имеет вид

$$W^k = k\,(P^k+I^k+D^k) \qquad (14)$$

Учитывая выражение (14) и структурную схему объекта [6], строим структурную схему рассматриваемой системы (рис. 3). Полученная структурная схема позволяет определить формулы для элементов матрицы $G^1$ дискретного представления системы.

**Преобразование структурной схемы (пункт – 4).** Найдем выражение для элементов $G^{1k}{}_{21}$ матрицы дискретного представления канала структурной схемы от первого входного сигнала $w^{k+1}{}_{1j}$ ко второму выходному сигналу $z^{k+1}{}_i$. Структурная схема части системы, связывающей первый

входной сигнал со вторым выходным сигналом при $h^*=0$, изображена на рис. 3 *б*. В нее входят блоки, описываемые матрицами $G^k_{21}$ , $G^k_{12}$ и $V^k$ . Элементы матрицы $V^k$ находятся следующим образом:

$$V^k_{ji} = \delta_{j1} W^k \delta_{ri} \quad (i,j = 1,...,N). \tag{15}$$

Далее необходимо, используя формулы преобразования соединений дискретно представленных распределенных блоков, последовательно преобразовать структурную схему, показанную на рис. 3 *б*, до получения структурной схемы, состоящей из одного блока.

Порядок преобразования структурной схемы показан на рис. 3 *б-г*. Последовательное соединение блоков (рис. 3 *б*), описываемых матрицами с элементами $G^k_{22ij}$ и $V^k_{ji}$, заменено одним блоком (рис. 3 *в*), описываемым матрицей с элементами $V^{1}_{j\,i}$, которые определяются по формуле

$$V^{1k}_{ij} = G^k_{22il} V^k_{ij} = G^k_{22il} \delta_{l1} W^k \delta_{rj} = G^k_{22i1} W^k \delta_{rj} \quad (i, j = 1,...,N). \tag{16}$$

Блок, описываемый матрицей $V^{2k}$ (рис. 3 *г*), заменяет соединение блоков, показанных пунктиром на рис. 3 *в*.

Формула для элементов этой матрицы имеет вид

$$V^{2k}_{tj} = \delta_{ij} + \frac{W^k G^k_{22i1} \delta_{rj}}{1 - W^k G^k_{22r1}} \quad (i,\ j = 1,..., N). \tag{17}$$

Наконец, элементы матрицы $G^k_{21}$ определяются на рис. 3 *г* по формуле (17)

$$G^{1k}_{21ij} = \left[ \delta_{il} + \frac{W^k G^k_{22i1} \delta_{rj}}{1 - W^k G^k_{22r1}} \right] G^k_{21ij} = G^k_{21ij} + \frac{G^k_{22i1} W^k G^k_{21rj}}{1 - W^k G^k_{22r1}} \quad (i,\ j = 1,..., N). \tag{18}$$

Аналогичным образом находятся формулы для вычисления элементов матриц дискретного определения остальных каналов структурной схемы (рис. 3 *а*):

$$G^{1k}_{11ij} = G^k_{11ij} + \frac{G^k_{12i1} W^k G^k_{21rj}}{1 - W^k G^k_{22r1}}; \tag{19}$$

$$G^{1k}_{12ij} = G^k_{12ij} + \frac{G^k_{12i1} W^k G^k_{22rj}}{1 - W^k G^k_{22r1}}; \tag{20}$$

$$G^{1k}_{22ij} = G^k_{22ij} + \frac{G^k_{22i1} W^k G^k_{22rj}}{1 - W^k G^k_{22r1}}; (i, j = 1,..., N). \tag{21}$$

**Вычисление выходного сигнала (пункт–5).** Далее с помощью (18)-(21) вычисляются дискретные значения выходного сигнала при заданных дискретных значениях обобщенных входных сигналов:

$$Q^{k+1}_i = G^{1k}_{11ij} w^{k+1}_{ij} + G^{1k}_{12ij} w^{k+1}_{2j}, \tag{22}$$

$$z^{k+1}_i = G^{1k}_{21ij} w^{k+1}_{ij} + G^{1k}_{22ij} w^{k+1}_{2j}, \quad (i = 1,...,N;\ \ k = 0,1,...). \tag{23}$$

По разработанным алгоритмам составлены программные модули для расчета динамических процессов системы автоматического регулирования уровней воды.

На основе разработанных алгоритмов и программных модулей были смоделированы системы регулирования на водохозяйственном объекте.

Параметры участка канала, выбранные для моделирования, следующие:

| | |
|---|---|
| $Qo = 90\ м^3/с$ | $ho = 3\ м$ |
| $bo = 12\ м$ | $g = 9.8 м^2/с$ |
| $y = 1/5$ | $m = 1.5$ |
| $l = 2500\ м$ | $I = 0.00004$ |

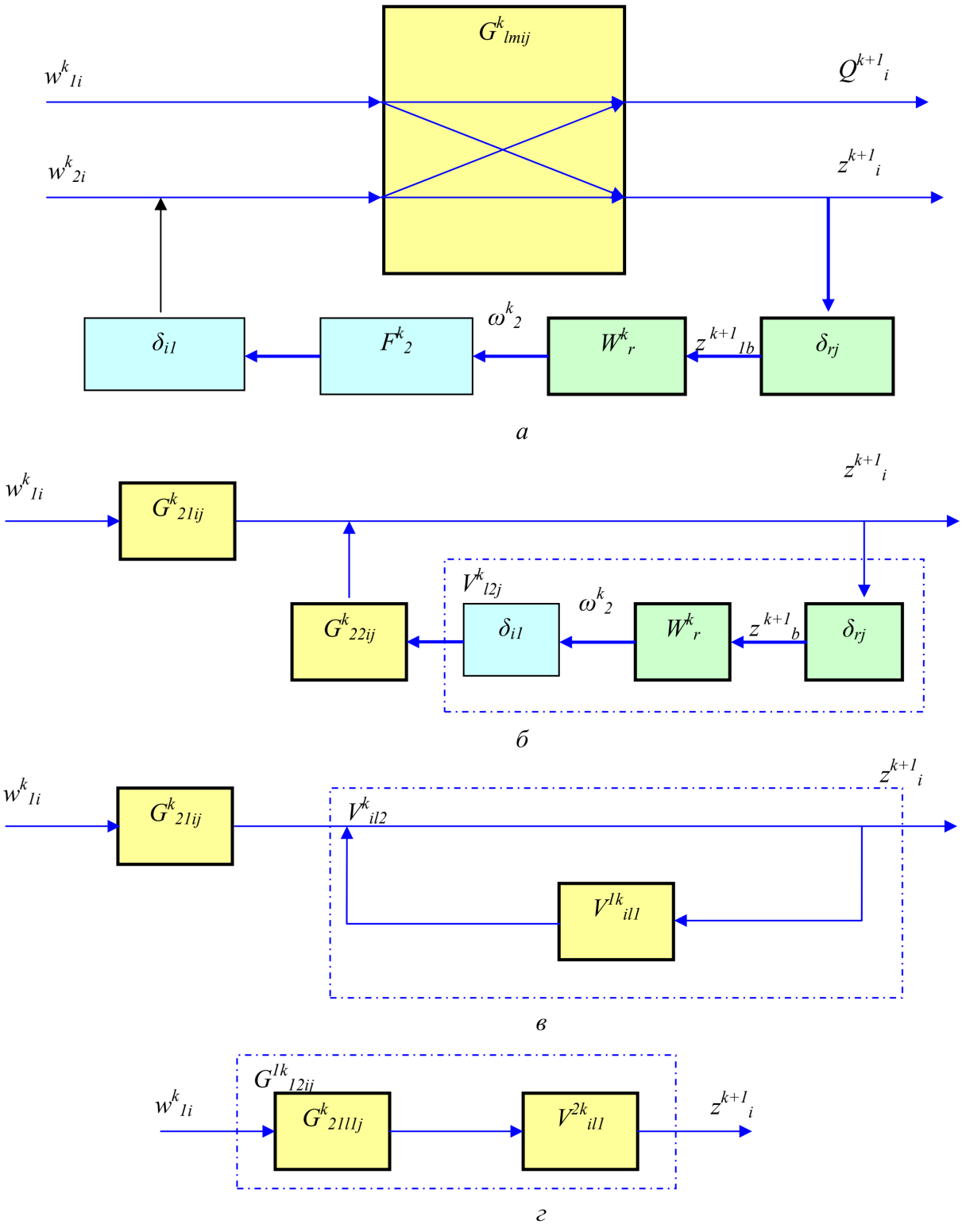



*Рис. 3 – Дискретное представление системы регулирования верхнего бьефа на участке канала*

Были смоделированы системы регулирования верхнего бьефа с дискретным ПИД регулятором. Дискретный ПИД регулятор реализован по рассмотренному выше алгоритму.

Качество процесса регулирования оценивались по критерию среднеквадратичного отклонения ошибки регулирования

$$I_0 = \frac{1}{T}\int_0^T \theta^2(\tau)d\tau, \qquad (24)$$

где $T$ – время, соответствующее переходному процессу на канале.

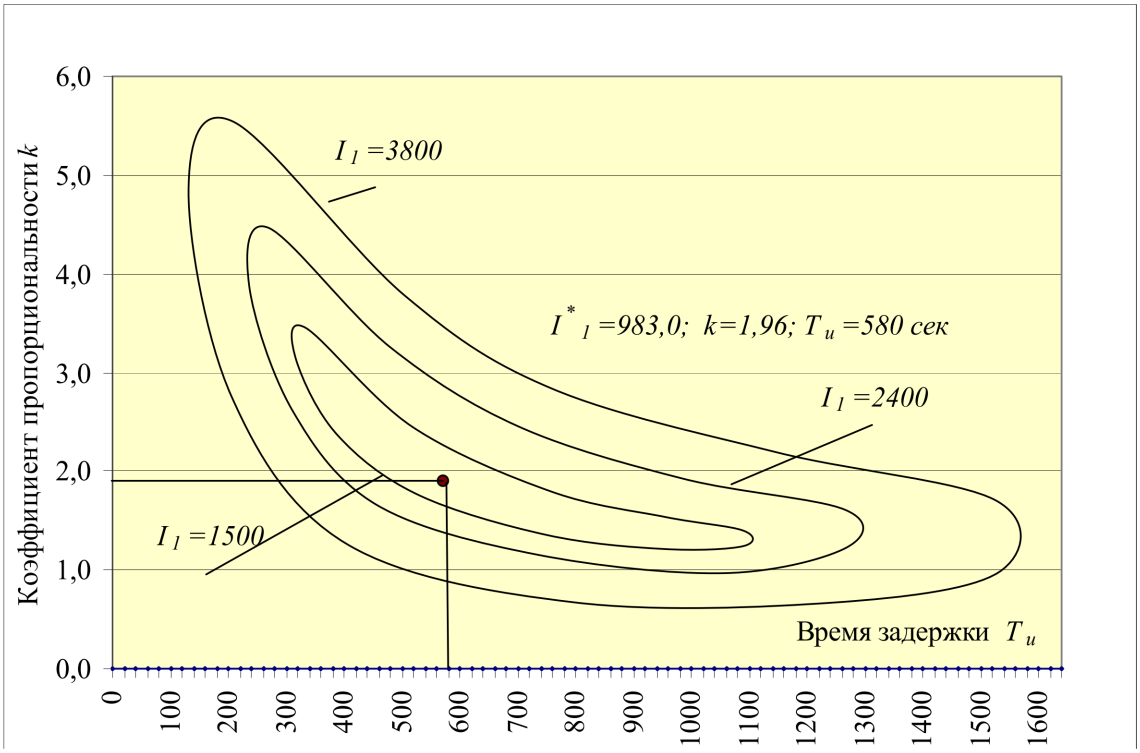



*Рис. 4 – Область критерия качества переходного процесса*

На основе моделирования выбирались параметры регулятора коэффициента усиления регулятора $k$ и время задержки регулятора $T_u$. Время задержки - это время ожидания регулятора для подачи сигнала управления. Были построены области изменения критерия по этим параметрам. Эта область показана на рис. 4, в зависимости от параметров $k$ и $T$.

Область определения параметров регулятора позволяет определить параметры системы регулирования близкие к оптимальному значению.

На рис. 5 приведены изменения уровня воды на участке канала с системой регулирования уровня воды верхнего бьефа при увеличении уставки регулятора уровня воды на 1,0 м со следующими параметрами регулятора $k=1,0;\ T_u=600\ c$ и $k=1,96;\ T_u=580\ c$, соответственно. Из рисунка видно, что увеличенная уставка уровня воды регулятора верхнего бьефа отрабатывается регулятором в течении $t = 12000\ c$ при регуляторе с параметрами $k=1,0;\ T_u=600\ c;$ переходный процесс при этом имеет характер перерегулирования, а для регулятора уровня воды с параметрами $k=1,96;\ T_u=580\ c$ переходный процесс близок к оптимальному, в течение времени $t = 6000\ c$ процесс устанавливается.

***ЗАКЛЮЧЕНИЕ***

Проблема разработки принципов построения современных систем автоматизации, сбора и обработки данных с учетом топологии водохозяйственных систем и особенностей участков канала и гидротехнических сооружений, а также их математических моделей, алгоритмов управления, позволяющих снизить непроизводительные потери водных ресурсов, в настоящее время очень важна.

Развитие современных технических средств автоматизации и информационных технологий (программируемые контроллеры с модулями ввода и вывода) позволяет в настоящее время разработать системы автоматизации, сбора и обработки данных водохозяйственных систем, позволяющих решить такие задачи, как моделирование и оптимизация режима работы водохозяйственных объектов.

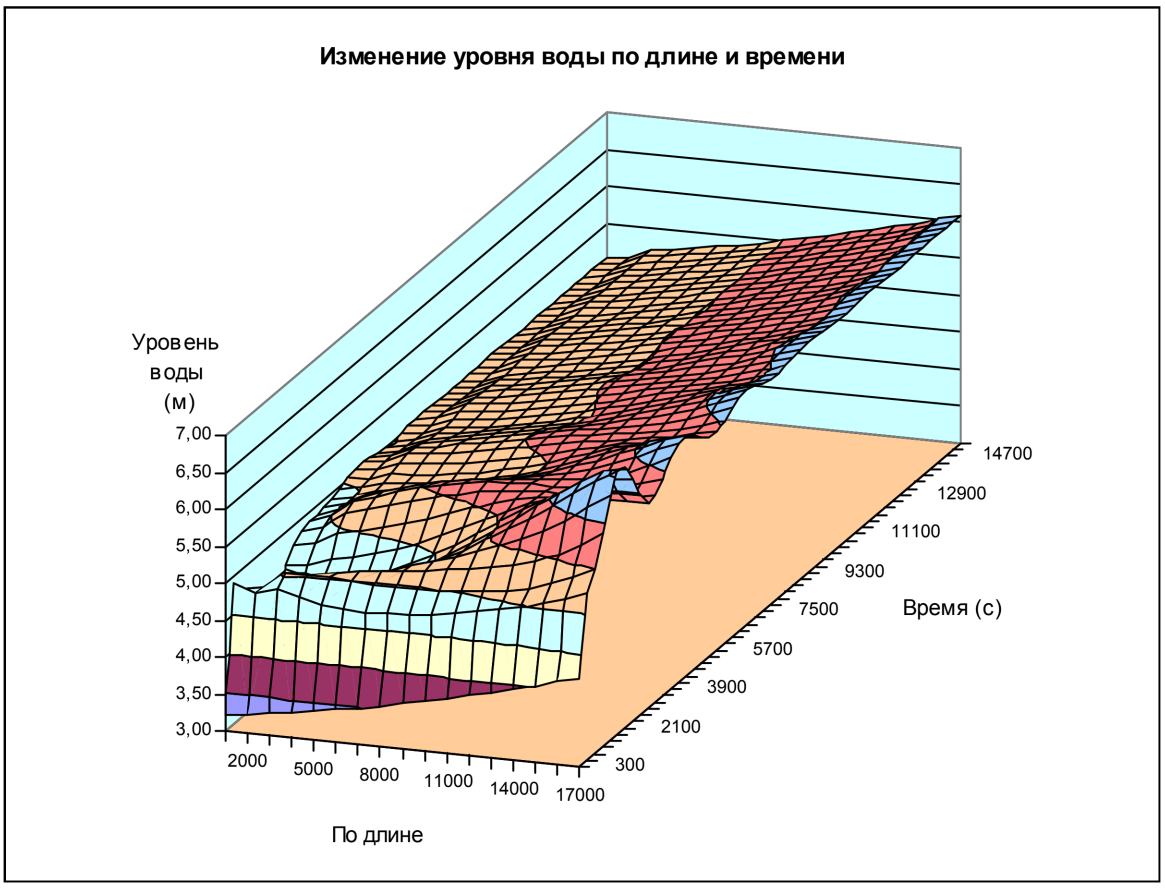



*Рис. 5 - Изменение уровня воды на участке канала с системой регулирования уровня воды верхнего бьефа*

Использование в практике проектирования и эксплуатации водохозяйственных организаций разработанных принципов построения, перечень технических средств системы автоматизации, сбора и обработки данных, математических моделей, алгоритмов расчета систем автоматического регулирования водохозяйственных объектов позволяет:

- обоснованно выбрать системы автоматизации, сбора и обработки данных и их технические средства;
- на этапе проектирования выбрать системы автоматического регулирования на ирригационных системах и выбрать оптимальные параметры системы;
- уменьшить непроизводительные потери водных ресурсов на водохозяйственных объектах.

При оперативном управлении водохозяйственными объектами система автоматизации, сбора и обработки данных обеспечит повышение надежности своевременной доставки необходимых объемов воды до сооружений, т.е. обеспечит повышение водообеспеченности потребителей.

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Ганкин М.З. Автоматизация и телемеханизация гидромелиоративных систем. - М.: Колос, 1977. – 344 с.

2. Вопросы комплексной автоматизации мелиоративных систем / ВНПО «Союзводавтоматика» Минводхоза СССР. – М., 1975. - Вып.6. – 232 с.

3. Маковский Э.Э. Автоматизация гидротехнических сооружений в системах каскадного регулирования. - Фрунзе: Илим, 1972. – 302 с.

4. Рожнов В.А., Тюменев Р.М. Электрические системы стабилизации уровней воды в каналах. – Фрунзе: Илим, 1982. – 199 с.

5. Рахимов Ш.Х., Бегимов И., Исаков М. Совершенствование диспетчерских режимов эксплуатации каскадов крупных насосных станций с водохранилищами сезонного регулирования. - Наманган, 1995. – 119 с.

6. Климов В.Е. Оптимальный режим работы насосных станций, оснащенных осевыми

насосами // Гидротехника и мелиорация. – 1970. - № 11. - С. 30-35.

7. Бегимов И. К анализу систем автоматического регулирования уровня воды в ирригационных каналах // Автоматика и телемеханика. – 1981. - № 9. - С. 5-13.

8. Принципы создания систем автоматизации, сбора и обработки данных водохозяйственных систем и их математических моделей, алгоритмов управления, позволяющих снижение непроизводительных потерь водных ресурсов: Отчет о НИР / САНИИРИ; отв. исп. Бегимов И. - Ташкент, 2006 – 101 с.

9. Бегимов И., Бутковский А.Г., Рожанский В.А. Структурное представление физически неоднородных систем // Автоматика и телемеханика. – 1982. - № 5. - С. 25-35.

10. Бегимов И., Бутковский А.Г., Рожанский В.А. Моделирование сложных распределенных систем на основе структурной теории. Ч. 1 // Автоматика и телемеханика. – 1981. - № 11. – С. 168-181.

11. Бегимов И., Бутковский А.Г., Рожанский В.А. Моделирование сложных распределенных систем на основе структурной теории. Ч. II. // Автоматика и телемеханика. – 1981. - № 12. - С. 138-153.

УДК 532.5

# ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА ДИСПЕРСНОЙ СМЕСИ

***Г.А. Бекмамадова, С.И. Худайкулов***
*(НИИИВП при ТИИМ)*

*Ушбу мақолада цилиндрик қувур деворидаги оқим чукурлиги ва утиш зонаси чукурлигининг Рейнольдс сонига боғлиқлиги курсатилади.*

*In clause dependence of thickness a layer and thickness of a transitive zone from Reynolds's number is resulted.*

*В статье приводится зависимость толщины пристенного слоя и толщины переходной зоны от числа Рейнольдса.*

В гидротехнике часто встречается поток дисперсной смеси, состоящей из газовзвеси, смеси жидкости с пузырьками воздуха, воздушно-капельные смеси, газо-воздушной смеси, а также взвешенных наносов в каналах, реках и трубах. Исследование механизма движения потока дисперсной смеси позволяет установить закономерности изменения гидравлических параметров потока. Наличие другой фазы в потоке, обладающей соответствующими механическими и физическими свойствами, существенно влияет на режим движения транспортирующего потока с турбулентными возмущениями [1], [2]. При этом основную роль играет взаимодействие фаз и моноперенос в потоке смеси. Применение модели смеси многофазных сред позволяет установить закономерности процессов взаимодействия и взаимопроникновения в транспортирующем потоке в каналах, реках и напорных трубах [3].

В работе [4] получено уравнение Бернулли для неустановившегося движения дисперсной смеси, где установлены основные динамические характеристики потери напора по длине и инерционного напора дисперсной смеси.

В работе [5] рассмотрен напорный поток смеси в напорных трубах при ламинарном и турбулентном режиме движения. Определены внутренние гидравлические параметры гидравлического сопротивления при наличии взвешенных наносов и других взвесей. Экспериментальные результаты показывают, что течение в трубе состоит из трех слоев: ламинарный слой (пристенное течение при $r^* < r < R,$ где $R$ – радиус трубы), ламинарно-турбулентный слой при $r_0 < r < r^*$ и ядро потока, являющееся турбулентным потоком, при $0 < r < r_0$, [1], [2],[5]. Работа [5] посвящена исследованию динамики потока трехслойной модели режима течения, каждый из слоев состоит из двухфазной дисперсной смеси.

Определены поле скоростей, границы раздела слоев, расход смеси:

а) в ламинарном слое, при $r^* < r < R$:

$$V_1 = \frac{f_1}{f_1\nu_1\rho + f_2\nu_2} \cdot \frac{R^2}{4\rho_{1i}} \rho_{см} \cdot g \cdot J_0 \cdot (1+\eta) f_1 (1-\varepsilon^2)$$

$$V_2 = \frac{\nu_1}{\nu_2} \frac{f_1}{f_1\nu_1\rho + f_2\nu_2} \cdot \frac{R^2}{4\rho_{2i}} \rho_{см} \cdot g \cdot_0 \cdot (1+\eta) f_2 (1-\varepsilon^2) \qquad (1)$$

Где $\eta = \frac{y-1}{I_0(\sqrt{k_1})}$, $k_1 = \frac{kRz}{\rho_{1i} f_2 \nu_2}$, $y = \beta \frac{\nu_2}{\nu_1}$, $\beta = \frac{\rho_{1i}}{\rho_{2i}}$

Здесь $\rho_{1i}, \rho_{2i}$ - истинные плотности смеси;

$f_1, f_2$ - объемные концентрации смеси;

k – коэффициент силы взаимодействия фаз;

$I_0(\sqrt{k_1})$ - Бесселевая функция, $J_0$ – гидравлический уклон.

б) в слое с ламинарно-турбулентным режимом $r^* < r < r_0$ :

$$V_{см} = V_c(\varepsilon_0) + \frac{1}{\mathrm{Re} \cdot k_0} \int_{\varepsilon_0}^{\varepsilon} \left[ \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{J_0}{Fr}} \cdot \mathrm{Re}^2 k_0 (1-\varepsilon) \cdot \varepsilon^2}{2\varepsilon \cdot (1-\varepsilon)} \right] ds$$

$$\mathrm{Re} = \frac{V_{см}^{\ R}}{\nu_1}, Fr = \frac{V^2_{см}}{g^R} \quad \text{-числа Рейнольдса и Фруда}$$

$$k_0 = k \cdot F, \text{ где } F = \sqrt{\frac{1 + \frac{f_2}{f_1} \beta \frac{V_2^2}{V_{10}^2}}{1 + \frac{f_2}{f_1} \beta \frac{Q_2^2}{Q_1^2}}}$$

с) в сильно турбулентной области: где для длины пути перемешивания принята модель Саткевича [1] :

$$V_{см} = V_{см}(\varepsilon_0) + \ln \frac{1-\varepsilon_0}{1-\varepsilon} + \frac{J_0}{Fr} \left( \frac{\varepsilon^2 - \varepsilon_0^2}{2} - \frac{\varepsilon^3 - \varepsilon_0^3}{3} \right) \qquad (3)$$

Расходы определяются из равенств:

$$Q_{л.т} = \int_{\varepsilon_0}^{\varepsilon^*} 2\pi V_{см} \varepsilon d\varepsilon,$$

$$\text{и } Q_m = \int_0^{\varepsilon_0} 2\pi V_{см} \varepsilon d\varepsilon \qquad (4)$$

Общий объемный расход дисперсной смеси определяется равенством:

$$Q_{см} = Q_л + Q_{л.т.} + Q_m$$

Из условия равенства скорости на границе раздела ламинарного и ламинарно-турбулентного слоя потока дисперсной смеси получим уравнение для радиуса *r** - цилиндрической поверхности раздела слоев:

$$\varepsilon^* = \frac{2(1 + A_0 \frac{\varepsilon_0}{1-\varepsilon_0})}{A_0 + \sqrt{A_0^2 + 4(1+A_0)(1 + A_0 \frac{\varepsilon_0}{1-\varepsilon_0})}}$$

Где $A_0 = \frac{8Fr}{J\,\mathrm{Re}}[\frac{1}{2k_0}\sqrt{\frac{J}{Fr}} - 1]$

Расчет проведен при $\varepsilon_0 = 0{,}75, J_0 = 0{,}01$ при различных значениях чисел Фруда и Рейнольдса.

Таблица 1 - Изменение толщины ламинарного слоя

| Fr \ Re | 100 | 200 | 300 | $10^5$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,1782 | 0,1872 | 0,1985 | 0,191 |
| 2 | 0,14 | 0,136 | 0,134 | 0,133 |
| 3 | 0,093 | 0,093 | 0,0935 | 0,0947 |

Таблица 2 - Изменение толщины переходного слоя

| Re \ Fr | 100 | 200 | 300 | $10^5$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0718 | 0,0628 | 0,06 | 0,059 |
| 2 | 0,11 | 0,117 | 0,115 | 0,115 |
| 3 | 0,157 | 0,157 | 0,106 | 0,105 |

Расчеты показывают, что с увеличением числа Рейнольдса толщина пристенного слоя увеличивается на 6,8 %, а максимальная толщина составляет 17,8 % радиуса трубы, а толщина переходной зоны от ламинарной к турбулентной мала и составляет максимум 10 %. С увеличением числа Фруда она увеличивается, а толщина ламинарного слоя уменьшается.

На основе численного расчета можно установить, что переходная зона занимает 1,2 % общей площади поперечного сечения и наличием этого слоя можно пренебречь. Это подтверждается многочисленными результатами экспериментальных исследований, проведенных для однофазного потока [1].

Потеря напора по длине определяется равенством:

$$h_{см} = \frac{\lambda}{4R}\frac{V_{см}^2}{2g} = h_{ол}(1 + y\frac{f_2}{f_1})(1 + \beta\frac{\overset{\circ}{V}_2}{\overset{\circ}{V}_1})$$

Коэффициент гидравлического трения определяется равенством:

$$\lambda = \frac{64}{\mathrm{Re}_{см}}$$

$$\mathrm{Re}_{см} = \frac{\overset{\circ}{V}_{см} R}{\nu_{см}} = \mathrm{Re}_1 \frac{(1 + \beta\frac{\overset{\circ}{V}_2}{\overset{\circ}{V}_1})}{(1 + y\frac{f_2}{f_1})}$$

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Хамидов А.А., Худайкулов С.И. Теория струй многофазных вязких жидкостей. – Ташкент: Фан, 2003.

2. Латипов К.Ш., Арифжанов А.М. Вопросы движения взвесенесущего потока в открытых руслах. – Ташкент: Мехнат, 1994.

3. Арифжанов А.М., Латипов И.К. Исследование распределения взвешенных частиц в потоке жидкости // Проблемы механики. – 1996 - № 1-2. - С. 45-49.

УДК 621.65:626.83

# ДИАГНОСТИКА РАБОТЫ КРУПНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАСОСОВ

***Ф.А. Бекчанов, Р.Р. Эргашев, О.Р. Очилов, Н.Р. Насырова***
*(НИИИВП при ТИИМ)*

*Мақолада йирик вертикал насослар учун техник тасхиш ва хизмат кўрсатиш усуллари ва улардан фойдаланишда ишончлилигини таъминлаш кўриляпти.*

*Насос – кучланиш мосламаларининг янги конструкцияларидан фойдаланиш ва эксплуатациянинг янги режимларини ишлаб чиқишда насослар режимларини такомиллаштириш назарда тутилади, бу эса маълум даражада тежашни беради.*

*In article are considered methods of the service and technical diagnostics large vertical pump for provision of reliability under their usages.*

*Use new design pumping-power equipment and development new mode to usages provides the improvement of the mode pump that gives significant spare.*

*В статье рассматриваются методы обслуживания и техническая диагностика крупных вертикальных насосов для обеспечения надежности при их эксплуатации.*

*Использование новых конструкций насосно-силового оборудования и разработка новых режимов эксплуатации предусматривает совершенствование режима насосов, что дает значительную экономию.*

Надежность, как свойство сохранять свою работоспособность в течение требуемого промежутка времени, может рассматриваться при непрерывной работе оборудования с течением времени и с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта [1, 2].

Для обеспечения надежности при эксплуатации рассматриваются методы обслуживания и техническая диагностика. На надежность оказывают влияние все технологические процессы и их режимы, начиная от гидравлических процессов и кончая операциями сборки деталей и узлов насоса. Современные технологические процессы эксплуатации насосных станций (НС) сопровождаются, как правило, значительными силовыми и температурными воздействиями при высоких требованиях к динамике процесса.

Авторами для гидравлически благоприятного режима насосов предложены новые конструкции водоприемника, всасывающих труб, установка сороудерживающей решетки во всасывающей трубе, резко улучшающих условия эксплуатации основных гидротехнических элементов, сопрягающихся с насосным агрегатом (НА). Использование новых конструкций насосно-силового оборудования и разработка новых энергосберегающих режимов эксплуатации НС-1 Каршинского магистрального канала (КМК) предусматривают совершенствование режима сопрягающих сооружений НС, что дает значительную экономию [1, 2].

Поэтому для реализации задач ресурсосбережения необходимо использовать созданные оригинальные (на уровне изобретений) конструкции на НС с меньшим поступлением плавника, взвешенных и донных наносов, выявление и устранение причин перерасхода электроэнергии из-за неблагоприятных режимов работы НС.

Допустимые показатели вибрации для насосов ОПВ11–260 и 300ВО–37/26Ц предполагалось оформить после завершения периода их опытной эксплуатации [1].

Такие нормы до сих пор отсутствуют, и для контроля вибрационного состояния агрегатов применены критерии оценки, изложенные в общетехнических межгосударственных стандартах 10816-1-97 и 10816–3–2002 «Вибрация. Контроль состояния НА по результатам измерения вибрации на невращающихся частях», где в качестве нормируемого параметра общего уровня вибрации устанавливается среднеквадратичное значение виброперемещения в рабочей полосе частот 2-1000 Гц при стационарной работе насоса.

Для измерения общего уровня виброскорости в полосе частот 2-1000 Гц и спектрального анализа применялся Виброанализатор СД-12М, имеющий следующие основные технические характеристики: частотный диапазон при максимальной неравномерности АХЧ +0,5дБ 0,5-25600 Гц; параметры вибрации: виброперемещение, виброскорость, виброускорение, пик-фактор; полоса частот по ИСО 10816-3-2002: 2-1000, 10-1000, 10-2000 Гц.

С точки зрения вибрационной прочности в агрегатах наиболее опасны колебания периодического характера, которые являются следствием механических, электромагнитных и гидравлических процессов с явно выраженными дискретными составляющими. Подобные опасные колебания, в основном, являются сильными диагностическими сигналами (т.е., хорошо выделяются на фоне вибрационных помех).

В насосе вибрации гидравлической природы проявляются на лопастной частоте, пропорциональной количеству лопастей рабочего колеса (РК). Для нового насоса 300ВО-37/26Ц их шесть, и лопастная частота равна:

$$f_л = 6 \times f_о = 25{,}0 \text{ Гц}$$

Насос ОПВ11–260 имеет 4 лопасти, и лопастная частота равна:

$$f_л = 4 \times f_о = 16{,}67 \text{ Гц}$$

Выправляющий аппарат на выходе из РК возбуждает колебания с частотой, пропорциональной количеству собственных лопастей:

$$f_а = f_о * 12 = 50 \text{ Гц},$$

Причины вибрационной активности вертикального НА по происхождению подразделяются на механические, гидравлические и электрические, в том числе по основным узлам [2].

Причиной неоднородности потока является несимметричное обтекание вращающихся лопастей при образовании водоворотных зон [1]. Неоднородность потока приводит к появлению на камере РК вибрации на лопастной частоте $f_л$ и её высших гармониках.

Для изношенных сферических камер и РК при отсутствии технологических возможностей токарной обработки преобладает комбинация указанных выше причин.

На вертикальных агрегатах, в которых электромагнитные и гидродинамические радиальные силы в идеале уравновешены, зазоры в подшипниках скольжения возрастают в случаях, когда имеются другие дефекты, например дисбаланс или расцентровка валов. Эти дефекты возбуждают вибрацию, которая должна привести к обкатыванию вала по окружности подшипника. То есть имеется внешняя сила, которая в определенные фазы вращения будет прижимать вал к вкладышу подшипника, или хотя бы на какую-то долю времени разгружать подшипник, вызывая нарушения «масляного клина».

Скорость износа подшипников зависит от величины дополнительного дефекта и увеличивается в присутствии абразива в смазке.

На камере РК второго нового насоса (НА № 3) зарегистрирована максимальная среди насосов обоих типов амплитуда вибрации – 17,9 м/с$^2$ на частоте 989,8 Гц в вертикальном направлении (см. табл.), которая может быть связана с повышенной механической вибрацией РК на низких частотах (см. рис.).

Подобная картина наблюдалась при обследовании НС–1 в 2012 г., когда на НА № 4, при размахе перемещения на оборотной и лопастной частоте в 32-42 мкм, значение пикового виброускорения составило 22,1 м/с$^2$.

На камере РК насосов основным источником повышенной вибрации является гидродинамический дисбаланс и неоднородность потока в РК. Природа этих двух дефектов одна - неравномерный зазор между лопастями и камерой, различия по шагу и углу между лопастями, по длине и толщине, или при их эксплуатационном неравномерном износе, а вибрационное проявление различное.

Рост вибрации на лопастной частоте в её высших гармониках указывает на неравномерность поля скоростей и давлений в потоке между лопастями РК.

Такой дефект, как следствие деградационного изменения профиля лопастей, присутствует на РК НА № 4 (32 мкм) и НА № 5 (50 мкм) НС–1 (см. табл.).

Гидродинамический дисбаланс, как несимметричность сил, действующих на лопасти колёс, приводит к росту вибрации на оборотной частоте и первых трёх гармониках в зависимости от формы нарушения симметрии.

Так как все лопасти уже заварены, исправить влияние некоторой неравномерности углов наклона лопастей на гидродинамическую неуравновешенность колёс и потока в них не представляется возможным.

Гидравлический дисбаланс присутствует и на двух из трёх новых насосах 300ВО-37/26Ц, где и лопасти новые и камеры цилиндрические.

На НА № 1 максимальный размах превышает 32-41 мкм и там же, на НА № 6, размах поднимается до 42-53 мкм, что свидетельствует о неблагоприятных режимах подвода воды крайних НА.

Таблица - Характеристика вибрационного состояния насосных агрегатов НС - 1 КМК

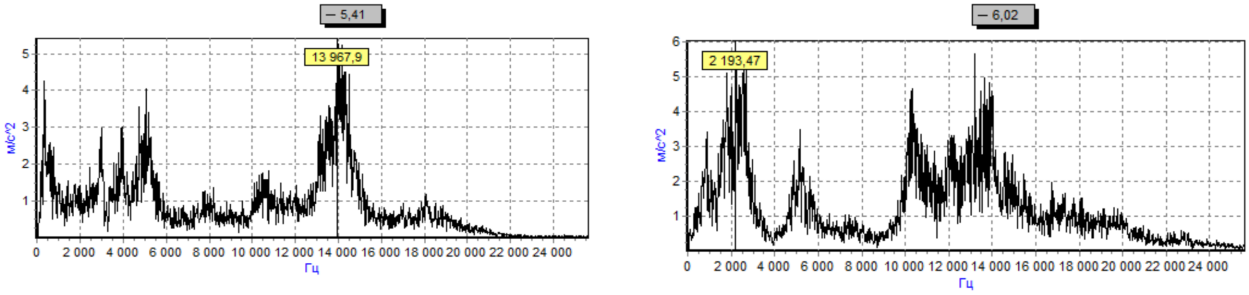
| номер НА | Наработка, час | | | | Уровень воды нижнего бьефа, м | Вибрационное состояние | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | после капитального ремонта | после текущего ремонта | В том числе | | | Общий уровень вибрации | | Верхний направляющий подшипник (ВНП) | | Нижний направляющий подшипник (ННП) | | Камера рабочего колеса | |
| | | | ВНП | ННП | | мкм | Максимальный размах/ частота, мкм/Герц | Общий уровень мкм | Максимальный размах/ частота, мкм/Герц | Общий уровень, мкм | Максимальный размах/ частота, мкм/Герц | Общий уровень, мкм | Максимальный размах/ частота, мкм/Герц |
| 1 | | 4187 | 4187 | 400 | 3,55 | 32 | 35/4,17 (рад) | 19 | 2/4,17 (рад) | 18 | 3/4,17 (рад) | 56 | 8/4,17 (верт) |
| 2 | 263 | | 263 | 263 | 3,80 | 22 | 31/4,17 (рад) | 11 | 8/4,17 (рад) | 12 | 3/4,17 (рад) | 40 | 28/8,34 (рад) |
| 3 | | 4750 | 1537 | 431 | 3,55 | 21 | 32/4,17 (рад) | 12 | 12/4,17 (рад) | 10 | 3/4,17 (рад) | 58 | 53/4,17 (верт) |
| 4 | 2 | | 2 | 2 | 3,60 | 9 | 3/16,68 (рад) | 9 | 4/4,17 (рад) | 7 | 2/4,17 (рад) | 49 | 32/16,68 (рад) |
| 5 | | 5311 | 1165 | 385 | 3,55 | 26 | 45/4,17 (рад) | 12 | 3/4,17 (рад) | 9 | 3/4,17 (рад) | 46 | 50/16,68 (рад) |
| 6 | 4769 | | 4769 | 11 | 3,55 | 42 | 78/4,17 (рад) | 19 | 2/4,17 (рад) | 19 | 3/4,17 (рад) | 57 | 25/8,34 (рад) |

Заключение

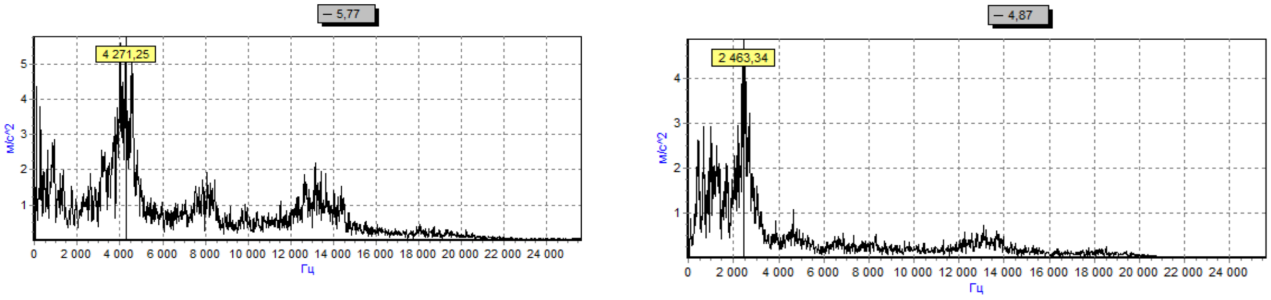
| | Общий уровень вибрации | Источники повышенной вибрации |
|---|---|---|
| НА 1 | «удовлетворительно» | износ верхнего подшипника электродвигателя |
| НА 2 | «хорошо» | |
| НА 3 | «удовлетворительно» | частичный механический и гидравлический дисбаланс РК |
| НА 4 | «удовлетворительно» | неоднородность потока в рабочем колесе |
| НА 5 | «удовлетворительно» | неоднородность потока в рабочем колесе |
| НА 6 | «неудовлетворительно» | износ верхнего подшипника электродвигателя и и гидравлический дисбаланс РК |

Радиальное направление Вертикальное направление

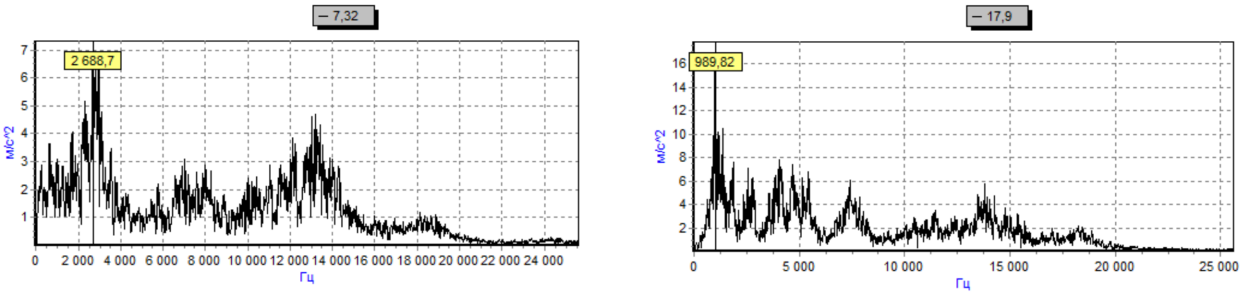
НА № 1



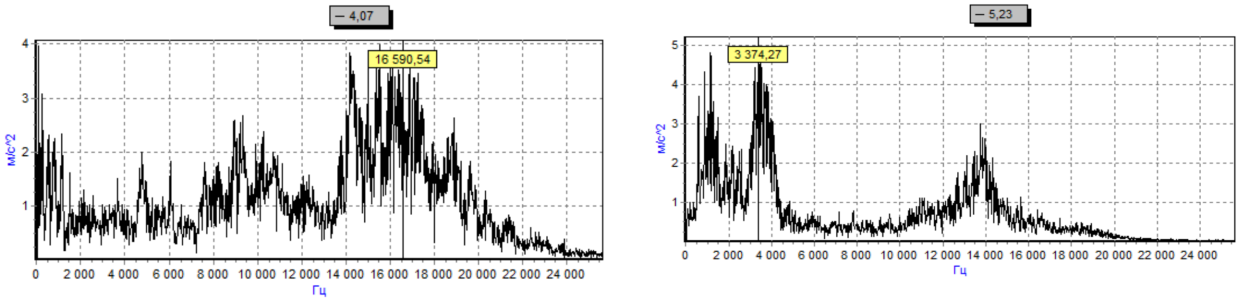

НА № 2




НА № 3




НА № 4




НА № 5

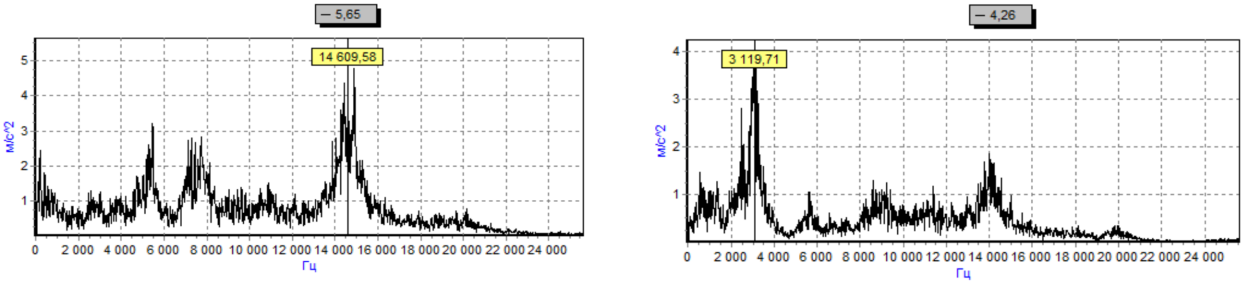



*Рис. - Спектр амплитуды виброускорения на камере РК насосов НС - 1, м/с$^2$*

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Гловацкий О.Я., Эргашев Р.Р., Бекчанов Ф.А., Холматов Х.Х. Динамика изменения

характеристик основного оборудования систем машинного водоподъема // Материалы Респ. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы водного хозяйства и мелиорации орошаемых земель» - Ташкент, 2011. - С. 138-141.

2. Glovatsky O.Ya., Ergashev R.R. Reliability assessment and measures for resources-saving on water lifting engine systems in the republic of Uzbekistan // Perspectives of Innovations, Economics and Businnes. – Prague, 2010. – Vol. 4, Issue 1. - P. 111-113.

УДК. 626.814

# СУВ ОМБОРЛАРИ ҚИРҒОҚЛАРИНИНГ СУВ ТАЪСИРИДА ШАКЛЛАНИШИ

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

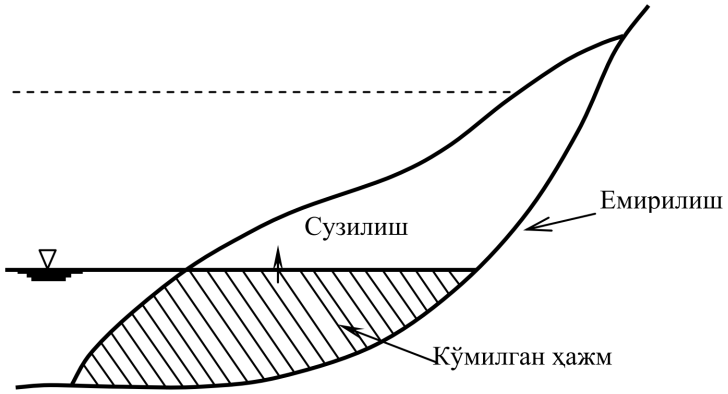
*Республикамиздаги сув омборлари қирғоқларининг сув таъсирида шаклланиш жараёнлари ўрганилган ва математик ҳисоблари келтирилган.*

*Studied processing of coast of water reservoirs of Republic Uzbekistan are studied and reduction their mathematical calculations.*

*Изучены процессы переработки берегов водохранилищ Республики Узбекистан и приведены их математические расчеты.*

Республикамиздаги мавжуд сув омборларнинг ҳавзаси йилдан-йилга лойқа-чўкиндиларга тўлиб, уларни лойқа босган ҳажми тобора ортиб фойдали ҳажми эса камайиб бормоқда. Натижада сув омборларидан режадагидек фойдаланиш, яъни керакли сувни тўплаш ва уни етказиб беришда ноқулайликларни, сувга бўлган талабни юмшатишда бир мунча муаммоларни келтириб чиқармоқда. Сув омборларини фойдали ҳажмини камайишига, яъни лойқа-чўкиндилар орқали тўлиб боришига асосий сабаблардан бири сув омбори қирғоқларининг ўпирилиши, емирилиши ва уларни силжиши каби ҳолатлар киради. Бу ҳолатлар асосан сув омборини эксплуатация қилишда баъзи бир камчиликларга йўл қўйиш орқали ҳам содир бўлмоқда. Олиб борилган тадқиқотлар натижасига кўра сув омборлари қирғоқларининг шаклланиши қуйидаги ҳолатларда содир бўлади:

- сув омбори сатҳининг кескин кўтарилиши;
- сув омбори сатҳининг кескин пасайиши;
- ўпирилган ҳажм таъсири натижасида грунт сувлар сатҳининг кўтарилиши;
- сув билан кўмилган нишабликларда кичик ўпирилишлар.

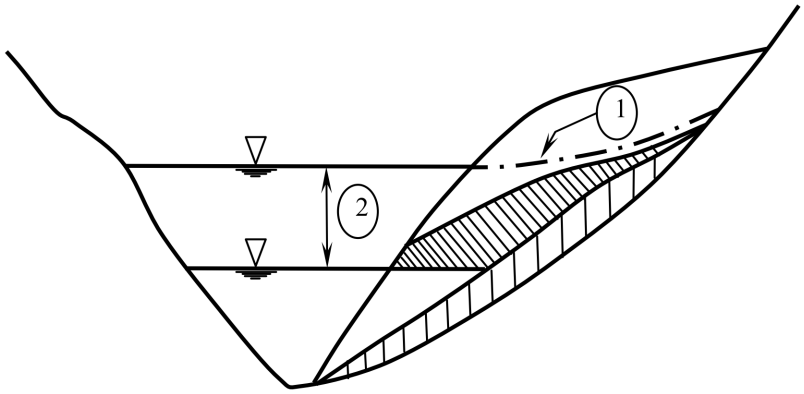



*1-расм Сув омбори сатҳининг кескин кўтарилиши натижасидаги қирғоқлар силжиши*

*Сув омбори сатҳининг кескин кўтарилиши* натижасидаги қирғоқлар силжиши асосан сув омборларига келадиган сел-тошқинлар туфайли сув омбори сатҳини кескин кўтарилиб кетиши ва баъзан сув омборидаги сувни тежаш мақсадида юқоридан келаётган катта миқдордаги сувларни сув омборидан ўтказиб юбормасдан уни сув омборида тутиб қолмоқчи бўлиб қилинган ҳаракатлар сабаб содир бўлади (1-расм). Натижада сув омбори қирғоқ грунтларида ўпирилишлар, сув босими таъсири натижасида қирғоқлар юза қисмларининг ювилишлари, юмшоқ грунтларнинг сув босими натижасида емирилиши ва чўкиши каби ҳолатларни келтириб чиқаради. Бунинг оқибатида содир

бўлган барча ҳолатлардаги тупроқ ва бошқа грунт жисмлар сув омбори ҳавзасига келиб ўрнашиб қолади.

*Сув омбори сатҳини кескин пасайиши* юқорида келтирилган сув омбори сатҳини кескин кўтарилишининг акси бўлиб, унда сув омборидаги сувни кескин равишда тушириб юбориш натижасида содир бўлади (2-расм).




*1. Сув тўлгандан кейинги грунт сувлар сатҳи*

*2. Сув омбори сатҳининг кескин пасайиши*

*2 расм - Сув омбори сатҳининг кескин пасайиши натижасидаги жараёнлар*

Сув омбори сатҳининг кескин пасайтириш, тушириб юбориш натижасида қирғоқ грунт қатламлари орасида сув бўғинининг қолдиқ босими ҳосил бўлади ва унинг таъсири натижасида қирғоқ грунтларининг емирилиши, уларни жойлари ўзгариши туфайли қирғоқларда кўчкилар, ўпирилишлар ҳосил бўлади.

Сув омбори қирғоқларини ўпирилган ҳажми таъсирида сув омбори атрофида ва қирғоқлар грунт сувлар сатҳининг кўтарилиши кузатилади. Бунга асосан сув омборининг мавжуд ҳавзаси тубига ўпирилган грунтлар келиб тушиши натижасида сув туби сатҳининг кўтарилишига сабаб бўлади. Бундай ҳолатлар сув омбори ҳавзаси атрофидаги грунт сувларининг кўтарилиши билан биргаликда сув омбори ҳажмини камайишига ва сув омбори ҳавзасида лойқа-чўкиндилар миқдорининг ортишига олиб келади.

Ҳозирда эксплуатация қилинаётган аксарият сув омборларнинг муаммоларидан бири бу сув омборини сув билан кўмилган қирғоқ нишабликларида кичик ўпирилишлар, емирилишлар, чўкишлар ва ювилишлар таъсири натижасида ҳосил бўладиган кўмилиш каби ҳолатлардир. Сув омборини сув билан тўлдирганда унинг сув остида бўлган қирғоқлари секин емирилиб, ўпирилиб ёки ювилиб сув омборининг тубига йиғилади, оқибатда ушбу ҳолат сув омборининг мавжуд ҳажмини камайишига олиб келади. Бундай ҳолатлар асосан сув омборининг қирғоқ грунтлари юмшоқ бўлган жойларда жадаллашганини кузатиш мумкин. Сув омборлари қирғоқларини шаклланиши сув омборининг эксплуатациясига салбий таъсир ўтказибгина қолмай бу ҳолат сув омборини атроф-муҳитига, қирғоқларини кенгайишига катта салбий таъсир кўрсатади, натижада сув омборини сув билан қопланган майдони кенгаяди, бунинг оқибатида сув омборидаги филътрация ва сув омбори юзасидан бўладиган буғланиш ортишига олиб келади. Бундай омиллар таъсири оқибатида сув омборидаги сувдан самарали фойдаланиш коэффициентини камайишига олиб келади. Оқибатда содир бўлган ҳолатлар натижасида сув омбори ҳавзасининг лойқа-чўкиндилар билан тўлишига ва сув омбори ҳажмининг камайишига олиб келади.

Сув сатҳини кўтарилиши туфайли қирғоқларнинг кўчиши ва пластлардаги босимни ўзгариши ҳамда қирғоқ қатламларини сувга тўйиниши ва у ердаги босимни камайиши натижасида емирилиш ҳолатларидаги ўзгаришларни математик статистика ҳисоблари қуйида келтирилган.

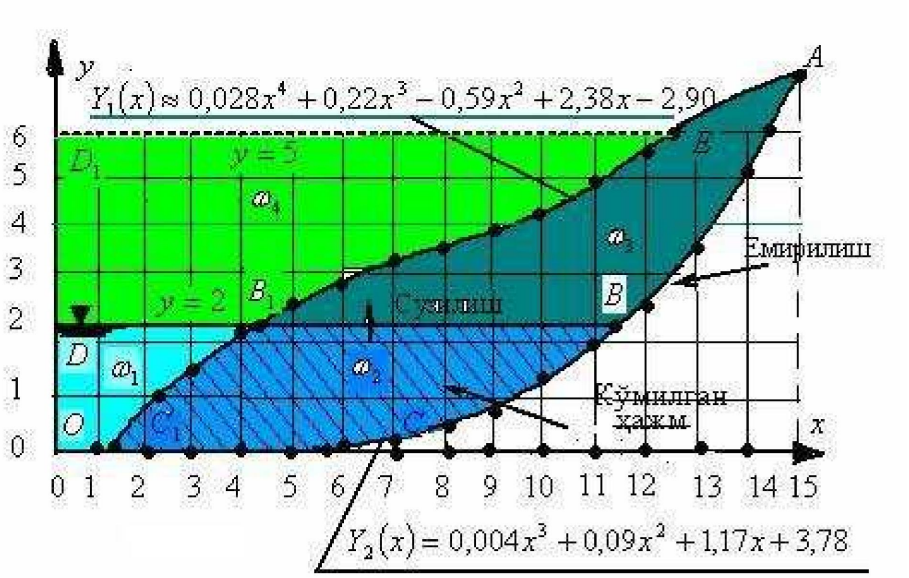
Қирғоқ кўчиши туфайли кўчувчи масса ҳосил бўлиб, бу массанинг сув омбори сувининг кўтарилишига таъсири намоён бўлади. Кўчувчи массанинг ҳажмий оғирлиги қуйидагича ифодаланади:

$$m = \rho W \qquad (1)$$

Кўчки массасининг ҳажми, кўчиш чегараси координаталари орқали ёзилиб, қуйидаги қайтали интеграл орқали берилади:

$$W = \int_a^b dx \int_c^d [Y_1(x,y) - Y_2(x,y)]dy \qquad (2)$$

Кўчки массасини чегараловчи сиртларнинг координаталарини билган ҳолда, чегараловчи сиртнинг юқори ва пастдан, ўнгдан ва чапдан ўтувчи эгри чизиқлари топилади. Бу эгри чизиқлар Ньютон ёки Лагранж ва бошқа тақрибий формулаларни қўллаш орқали ҳисобланади (3-расм).




*3 расм - Сув омбори сатҳининг кескин кўтарилиши натижасидаги қирғоқлар силжишини математик ифодаси*

Лагранж интерполяцион формуласини эса кўчки массасини чегараловчи эгри чизиқлар $C_1B_1A$ ва $CBA$ - абциссаларини 3-расмга асосан қуйидагича танлаб олиб:

$$x_0 = 1{,}2, x_1 = 3, x_2 = 6, x_3 = 9, x_4 = 12, x_5 = 15.$$

Уларга мос ординаталарни 3- расмдаги ординаталардан оламиз:

$$y_0 = 0, y_1 = 1{,}5, y_2 = 2{,}8, y_3 = 4, y_4 = 5{,}5, y_5 = 7.$$

Келтирилган координаталарни Лагранжнинг интерполяцион формуласига қўямиз ва натижада $C_1B_1A$ чизиқнинг тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$Y_1(x) \approx 0{,}028x^4 + 0{,}22x^3 - 0{,}59x^2 + 2{,}38x - 2{,}90. \qquad (3)$$

Худди шу усул билан кўчки кесимини пастки томондан чегаловчи $CBA$ эгри чизиқнинг тенгламасини топамиз. Бунинг учун мос координаталарни келтирамиз**:**

$$x_0 = 6, x_1 = 9, x_2 = 12, x_3 = 15.$$
$$y_0 = 0, y_1 = 0{,}8, y_2 = 2{,}5, y_3 = 7,$$

Келтирилган координаталарни Лагранжнинг интерполяцион формуласига қўямиз, натижада $CBA$ эгри чизиқнинг қуйидаги тенгламасига эга бўламиз:

$$Y_2(x) = 0{,}004x^3 + 0{,}09x^2 + 1{,}17x + 3{,}78 \qquad (4)$$

Кўчкининг ҳаракатдаги $ODB_1C_1$ кесимини 3-расмдаги координаталардан ва Лагранж формуласи орқали топилган $C_1B_1A$ ва $CBA$ эгри чизиқларнинг тенгламасидан фойдаланиб ҳисоблаймиз:

$$\omega_1 = \int_0^{1,2} dx \int_0^{2} dy + \int_{1,2}^{4,2} dx \int_0^{Y_1(x)} dy = 2{,}4 + \int_{1,2}^{4,2} Y_1(x)dx = 2{,}4 + \int_{1,2}^{4,2} \left(0{,}028x^4 + 0{,}22x^3 - 0{,}59x^2 + 2{,}38x - 2{,}9\right)dx$$

$$\omega_1 = 2{,}4 + 20{,}44 = 22{,}84 кв.б \qquad (5)$$

Кўчкининг ҳаракатдаги $C_1CBB_1$ кесимини 3-расмдаги координаталардан ва Лагранж формуласи

орқали топилган $C_1B_1A$ ва $CBA$ эгри чизиқлардан фойдаланиб ёзамиз:

$$\omega_2 = \int_{1,2}^{4,2} dx \int_{0}^{Y_1(x)} dy + \int_{4,2}^{11,5} dx \int_{Y_2(x)}^{y=2} dy = \int_{1,2}^{4,2} Y_1(x)dx + \int_{4,2}^{11,5} (2 - Y_2(x))dx = 55{,}11 кв.б$$

Ҳаракатдаги $B_1BA$ кесим юзасини қуйидаги интеграл орқали топамиз (3-расм).

$$\omega_3 = \int_{4,2}^{11,5} dx \int_{2}^{Y_1(x)} dy + \int_{11,5}^{15} dx \int_{Y_2(x)}^{Y_1(x)} dy = 71{,}5 кв.б$$

Ҳаракатдаги $DD_1EB_1$ кесим юзасини қуйидаги интеграл орқали топамиз (3-расм).

$$\omega_4 = \int_{0}^{4,2} dx \int_{2}^{5} dy + \int_{4,2}^{11} dx \int_{Y_1(x)}^{5} dy = 117{,}5 кв.б.$$

Барча ҳаракат кесими юзасидан ўтаётган кўчки ёки суюқлик миқдорини ўзгаришини туташ муҳит тенгламасидан топамиз:

$$Q_i = \omega_i \vartheta_i \text{ ёки } Q_i = \frac{W_i}{t}. \; i = 1,2,3,4 \qquad (6)$$

Ҳозирда эксплутация қилинаётган аксарият сув омборларнинг муаммоларидан бири бўлган сув омборини сув билан кўмилган қирғоқ нишабликларида кичик ўпирилишлар, емирилишлар, чўкишлар, ювилишлар ва қирғоқларни силжишини ҳам худди шундай ҳисоблаш усулидан фойдаланиб аниқлаш мумкин.

Сув омборини тўлдириш ва бўшатишда ҳар бир сув омбори учун ишлаб чиқилган диспетчерлик графикларига амал қилган ҳолда сув сатҳининг кўтарилиш ва тушиш тезлиги меъёрий қийматлардан ошиб кетмаслиги юқорида келтирилган ҳолатларни олдини олиш учун замин бўлиб хизмат қилади.

*АДАБИЁТЛАР:*

1. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. - М., 1981. - 720 с.

2. Содиков А.Х., Гаппаров Ф.А. Ирригация сув омборини ишлатишнинг диспетчерлик графиги // САНИИРИ илмий асарлар тўплами. Мелиорация ва сув хўжалиги. – Тошкент, 2000. - 56-59 б.

3. Чугаев Р.Р. Гидротехнические сооружения. В двух частях. - М.: Агропромиздат, 1985. - 317 с.

УДК 532.552:626.83

# ЭНЕРГОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НОВЫХ ТИПОВ ВОДОПОДВОДЯЩИХ СООРУЖЕНИЙ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

***О.Я. Гловацкий, Ф.Ж. Носиров, О.Х. Низамов, Ш.Р. Рустамов***
*(НИИИВП при ТИИМ, ТашГТУ)*

*Мақолада насос станциясининг бўлими характеристиксига етказувчи мослама ва оқим тузилиши, сув етказувчи мосламани такомиллаштириш учун фойдаланиш таъсири кўрилди*

*In article is considered influence leading device and structures of the flow on feature of the block pumping station, which can be used for modernization leading water buildings.*

*В статье рассмотрено влияние подводящих устройств и структуры потока на характеристику блока насосных станций, которые могут быть использованы для модернизации водоподводящих сооружений.*

Вопросами повышения эффективности эксплуатации водоподводящих сооружений

насосных станций (НС) занимались многие исследователи, среди которых отдельно можно подчеркнуть работы Бальзанникова М.И., Виссарионова В.И., Карелина В.Я., Мамажонова М., Мухаммадиева М.М. Результаты работ вышеназванных авторов показали, что заиление водоприемных сооружений НС существенно снижает их эксплуатационную эффективность [1-3].

Отложенные наносы на дне сооружений нарушают проектные гидравлические показатели потока при подходе к водоприемным отверстиям, что ухудшает эксплуатационные условия всасывания воды и приводит к снижению КПД насосных агрегатов (НА). Обоснование технического решения по улучшению гидравлической структуры потока основывается на следующих предложениях:

- исключить воронкообразование перед входом во всасывающие трубы путём расширения и развития навстречу потоку входа во всасывающие трубы насосов, или устройством перед ними забральной стенки (рис. 1) [1];

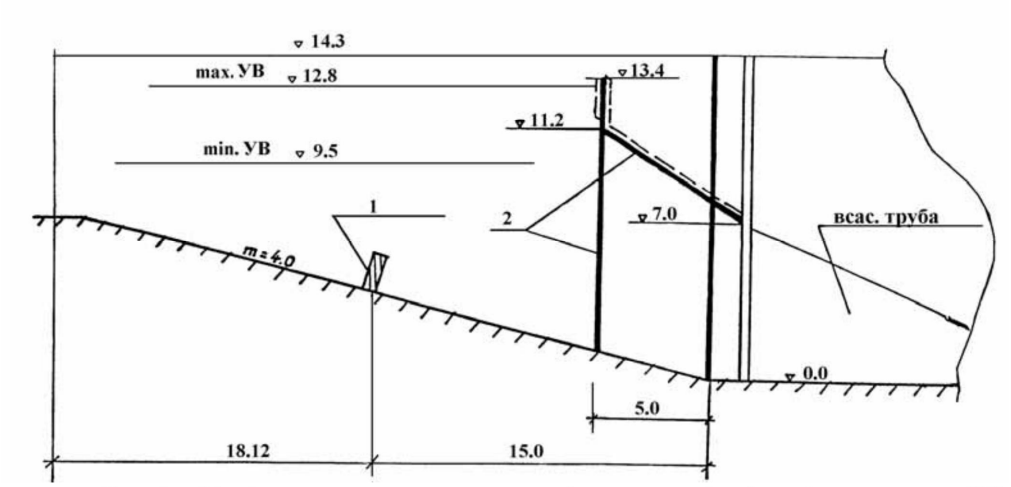



*Рис. 1 – Предложения по улучшению гидравлики подвода воды к насосам НС*
*1 – донная стенка, 2 – развитый вход (пунктиром показан временный вариант)*

- устранение турбулентной структуры потока и следующей за ней вибрации НА (особенно, крайних) было предложено сделать с помощью плавучего устройства – растекателя, обеспечив равномерный подход потока ко всем НА [1];

- предложены конструктивные изменения в компоновке аванкамеры увеличение обратного уклона дна аванкамеры (нулевой уклон, отрицательный уклон);

- предложено выравнивать поле скоростей в конечном сечении ВТ [1].

Однако любая реконструкция действующей НС связана с её опорожнением. В условиях же круглогодично работающей НС эти мероприятия выполнить не представляется возможным.

По условиям работы осевого насоса сопряжение его с источником может быть выполнено различно: в зависимости от способа подвода воды к рабочему колесу (РК), от компоновки блока НС и др. В связи с этим между насосом и водоприемником приходится устанавливать устройства различной формы, назначением которых является подвод воды к входному сечению насоса с наименьшими потерями напора и при наименьших габаритах такого элемента. Несмотря на наличие некоторых энергогидравлических исследований отводящих устройств [2], изучены они недостаточно.

Обычно в качестве подводящего устройства для крупных осевых насосов используются изогнутые всасывающие трубы [3]. Как показали наши исследования, колено изогнутой всасывающей трубы приводит к большой неравномерности потока перед РК. Кроме того, применение таких труб приводит к увеличению размеров блока НС, особенно на крупных НС. Поэтому при расположении оси насоса под углом 90° к направлению подводимого к нему потока воды целесообразно колено заменить камерой с наименьшими габаритами по оси.

Авторами были проведены испытания этих подводящих устройств с цилиндрическим обтекателем в блоке НС с насосом ОП-10/$Д_1$=250 мм/ с углом установки лопастей $\varphi = 0°$.

Максимальная высота камеры $h_1$=0,9$Д_1$, ширина постоянная и равна 2,4$Д_1$. Отношение наибольшего входного сечения к площади выходного сечения подводящего устройства $F_{входа} / F_{вых}$=6,15.

Исследовалось влияние осевых габаритов всасывающего патрубка и камеры на

энергетическую характеристику блока НС. Представляя собой некоторое гидравлическое сопротивление, подводящие устройства снижают развиваемый насосом напор. Кроме того, при одностороннем подводе воды возможно возникновение неравномерного поля скоростей потока во входном сечении РК и, как следствие этого, неравномерная работа лопастей колеса и снижение энергетических показателей блока НС.

При проведении энергетических испытаний уровень воды нижнего бьефа (УВНБ) и давление на стенки отмечались с помощью пьезометров с точностью ±1,0 мм. Мерное сечение принято на расстоянии $0{,}4Д_1$ от оси поворота лопастей РК. В каждой исследуемой точке определена величина абсолютной скорости $\vartheta$ и ее составляющие: расходная $\vartheta_z$, окружная $\vartheta_u$, радиальная $\vartheta_2$, и статическое давление $\frac{p}{j}$.

Относительная погрешность измерения КПД блока НС не превышала ±0,6 %, а измерения абсолютной величины скорости - 1,0 %.

Влияние подводящего устройства оценивалось путем сравнения энергетических характеристик с характеристикой блока НС с изогнутой трубой и определением коэффициента гидравлического сопротивления подводящего устройства как:

$$\xi = \frac{2g\int_F E_{уд}\vartheta_я dF}{\bar{\vartheta}_z^2 \cdot Q}, \qquad (1)$$

где $E_{уд}$ - потери удельной энергии потока в подводящем устройстве;

$F$ - площадь живого сечения в мерном створе;

$Q$ -расход.

Безразмерные коэффициенты напора $K_H$, расхода $K_Q$ и КЦД $\bar{\eta}$ блока НС определялись по следующим формулам:

$$K_H = \frac{H}{D^2 n^2}; \quad K_Q = \frac{Q}{nD^3}; \quad \bar{\eta} = \frac{\eta}{\eta_{\max}}; \qquad (2)$$

Характер распределения скоростей и давления выражался коэффициентами

$$\bar{\vartheta}_{zi} = \frac{\vartheta_{zi}}{\bar{\vartheta}_z}; \quad \bar{\vartheta}_{ui} = \frac{\vartheta_{ui}}{\bar{\vartheta}_z}; \quad (\frac{\bar{p}}{j}) = \frac{(\frac{p}{j})_i}{(\frac{p}{j})_{ср}}, \qquad (3)$$

где $\bar{\vartheta}_z$ - средняя скорость в мерном сечении;

$(\frac{p}{j})_{ср} = \frac{\sum_{i=i}^{n}(\frac{p}{j})_i}{n}$ - средняя потеря энергии в подводящем устройстве;

$n$ - количество точек измерения, равное 54.

Из результатов исследований работы подводящих устройств при различных положениях дна камеры видно, что чем глубже камера (при постоянной ширине), тем меньше она снижает напорную характеристику блока НС. Так, при изменении глубины камеры о $0{,}32Д_1$ до $0{,}60Д_1$- коэффициент напора увеличился с 0,170 до 0,180 при $K_Q$=0,5. Коэффициент полезного действия $\bar{\eta}$ блока НС возрос при этом на 6 % .

Изменение высоты всасывающего патрубка мало влияет на напорную характеристику блока НС, но оказывает заметное влияние на КПД $\bar{\eta}$ блока НС. В зоне К=0,5 ÷ 0,56 при изменении высоты патрубка с $0{,}75Д_1$ до $0{,}9Д_1$ КПД $\bar{\eta}$ блока НС возрос на 2 %. При уменьшении высоты патрубка до $0{,}6Д_1$ $\bar{\eta}$ упало по всей характеристике блока НС (рис. 2).

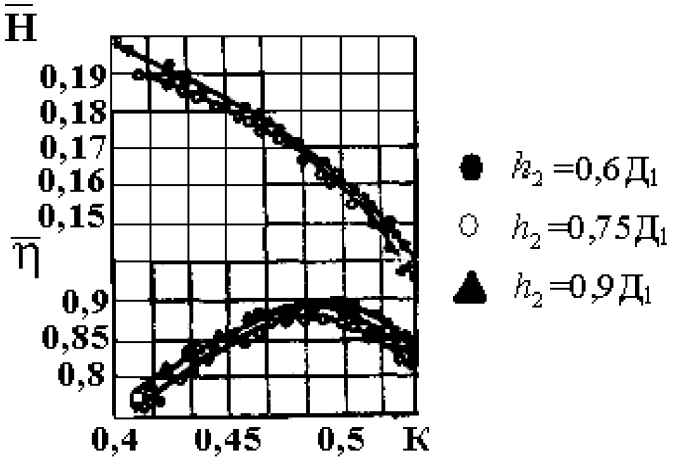



*Рис. 2 - Влияние высоты патрубка $h_2$ на характеристику НС при $h_1$ =0,6Д1.*

При сопоставлении характеристик блока НС с изогнутой всасывающей трубой и подводящим устройством с развитым навстречу потоку входом видно, что тип подводящего устройства не оказывает большого влияния на напорную характеристику блока НС, но изменяет его КПД. Это объясняется большим воздействием подводящего устройства на поток, поступающий на РК.

Высота всасывающего патрубка $h_2$ в значительной степени определяет значение коэффициента сопротивления $\xi$. Различие между соответствующими значениями $\xi$ при одинаковой высоте камеры объясняется различием в значениях коэффициента гидравлического сопротивления камеры (рис. 3).

При заданной высоте всасывающего патрубка $h_2$ и постоянной ширине камеры существует оптимальная высота камеры $h_1$, при которой потери напора в подводящем устройстве имеют минимальные значения.

Подводящие устройства влияют на характеристику блока НС не только собственным сопротивлением, но и изменением поля скоростей перед РК насоса. Более равномерное распределение поля скорости осуществляет предлагаемая авторами камера всасывающего патрубка, имеющая форму в плане с углом охвата $\beta = 90^\circ$. Из анализа коэффициентов осевых, окружных скоростей и давлений по створам такой камеры можно заключить, что радиальные составляющие скоростей во всех створах незначительны и остаются постоянными.

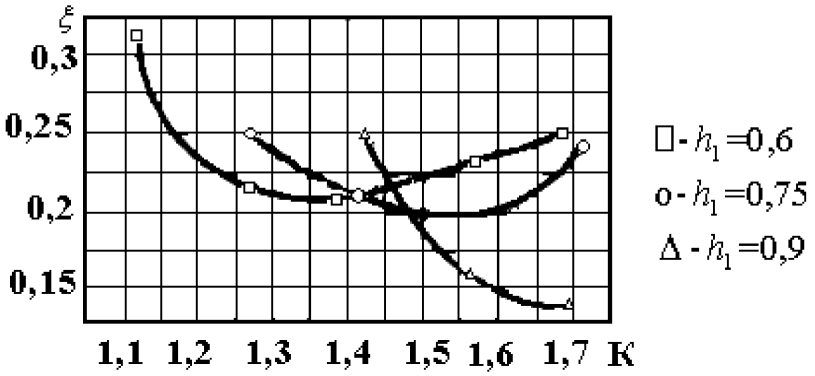



*Рис. 3 - Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления нового патрубка и камеры подводящего устройства*

В сечении перед РК выявлены следующие особенности течения:

- осевые скорости по периметру и радиусам распределены неравномерно: максимальные скорости сосредоточены в середине проточного канала;

- эксперименты показали наличие двух вихрей в выходном сечении подводящего устройства. Величина окружной составляющей скорости при изменении габаритов камеры

остается постоянной;

- потери энергии в мерных створах при различных $h_2$ неодинаковы: максимальные потери - в центре вихря.

Данные о влиянии подводящих устройств на характеристику блока НС и о структуре потока могут быть использованы для модернизации подводящих устройств НС.

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Glovatsky O.Ya., Ergashev R.R., Rustamov SH.R. Improvement to usages and studies large pumping station. – Saarbruken, 2013. – 170 pp.

2. Виссарионов В.И, Кибирев Д.И. Энергетические исследования модели блока насосной станции с диагональным отводом // Известия ВУЗов. Энергетика. – 1978. - № 4. - С. 36-42.

3. Мухаммадиев М.М., Носиров Ф.Ж., Уришев Б.У. Повышение эффективности работы водоприемных устройств насосных станций // Гидротехническое строительство. - 2010. - № 1. – С. 11-13.

УДК. 627.141.1

# СЕЛСУВОМБОРЛАРИДА ЛОЙҚА ОҚИМНИ БОҚАРИШ ВА СУВ ЧИҚАРГИЧ ИНШООТЛАРИНИ ЛОЙҚА ЧЎКИНДИЛАРДАН ҲИМОЯЛАШ БЎЙИЧА ТАДБИРЛАР

***Ғ.Т. Давранов, Л.Х. Ирмухамедова, И.И. Хасанов***
*(ТИМИ)*

*Ушбу мақолада селсувомборларининг топографик, гидрологик, гидравлик, гидротехник режимлари ва эксплуатация шароитларини инобатга олган ҳолда, уларнинг юқори бъефларига тушадиган лойқа оқим тарқалиши,чўкишини бошқариш ва сув чиқаргич иншоотларини лойқага кўмилишидан ҳимоялашга мўлжалланган конструктив технологик тадбирлар кўриб чиқилди.*

*In article is considered constructive - a technological actions intended for governing moving the turbid flow, put alluvium and protection input head hydrooutput from segmentation in upper part celeryhydrophobia, with provision for topographical, hydrologys, hydraulic, hydrotechnics factor and working conditionses these hydronodes.*

*В статье рассматриваются конструктивно–технологические мероприятия, предназначенные для управления движением мутного потока, осаждения наносов и защиты входных оголовков водовыпусков от заиления в верхних бъефах селеводохранилищ, с учетом топографических, гидрологических, гидравлических, гидротехнических факторов и эксплуатационных режимов этих гидроузлов.*

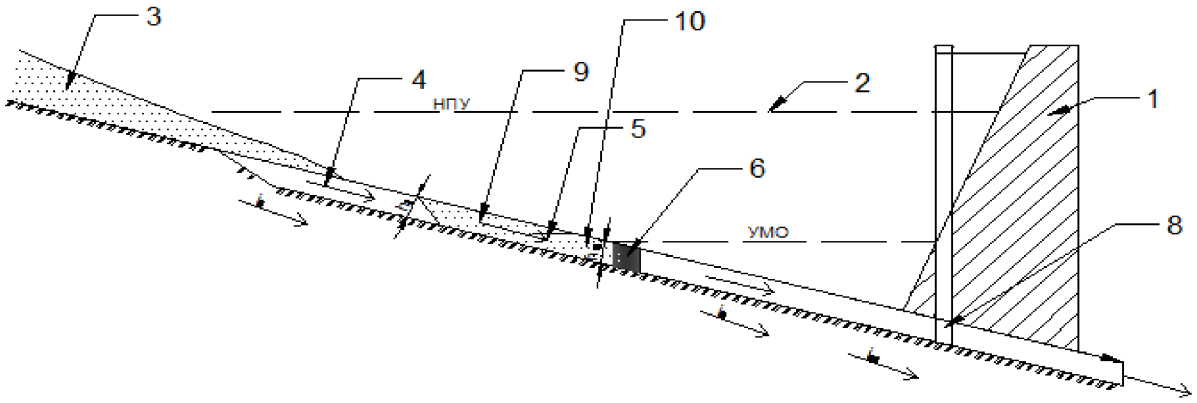
Селсувомборлари фойдали сиғимларининг лойқа ётқизиқлар эвазига қисқариб бориши, ҳамда сув манбалари сув йиғиш зоналаридан йиғиладиган муаллақ минералларга бой лойқа оқимнинг селсувувомборларида ушланиб қолиниши ва натижада ерларнинг мелиоратив ҳолати ёмонлашиши дунё миқёсидаги муаммолардан ҳисобланади. Ушбу муаммоларни ҳал қилишга қаратилган инженерлик ечимлар таҳлили шуни кўрсатадики, селсувомборларининг гидрологик, топографик, гидротехник ва эксплуатация шароитларининг ўта мураккаблиги сабабли, уларнинг қўлланиш имкониятлари кескин чегараланган. Таклиф этилаётган конструктив-технологик тадбирларнинг асосий моҳияти шундан иборатки, юқори бъефга тушган лойқанинг тарқалишини, чўкишини бошқариш ва суғориш мавсумида муаллақ заррачали лойқа чўкиндиларни пастки бъефга чиқариб юбориш жараёнлари селсувомборларининг эксплуатация режимларига салбий таъсир кўрсатмайди(1 расм).

Сув тошқинлари ва сел оқимлари ўтиш даврида, селсувомборлари тўғони (1) юқори бъефига (2) табиий ўзан (3) орқали кирган лойқа оқим, сунъий ўзан, яъни канал (4) бўйлаб ҳаракатланади. Чунки, дала шароитида бир неча селсувомборларида ўтказилган тадқиқотлар натижалари шуни кўрсатдики, селсувомборларидаги сувга нисбатан лойқа оқим зичлиги анча юқори ва ҳарорати эса паст бўлгани учун айнан чуқур ўзан бўйлаб, яъни ушбу ҳолатда канал (4) бўйлаб ҳаракатланиши юзага келади. Лойқа оқим канал (4) дан, кириш қисми тубининг кенглиги канал (4) кенглигидан 2-3 маротаба катта бўлган, охирги қисми кенглиги канал (4) кенглигига тенг, планда учбурчак шаклидаги тиндиргичга тушади ва оқим тезлиги кескин сўнади ва ушбу

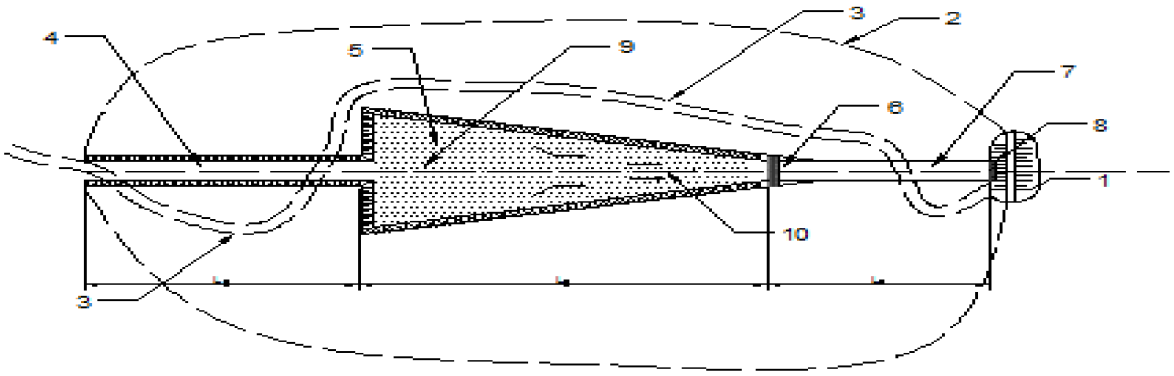
зонада туб чўкиндилар чўкиши юзага келади. Муаллақ заррачали лойқа оқим тиндиргич охири томон ҳаракатланиб, бир маромда чўкиб бориши юзага келади. Сув чиқариш иншооти(туннель) каллаги олдида жуда майда муаллақ заррачали лойқа чўкади ва вегетация даврида ушбу лойқа қишлоқ хўжалиги ерларига чиқарилиши мумкин. Вегетация даври тугагач, яъни селсувомборлари юқори бъефи сувдан бўшатилгандан сўнг, тиндиргич кириш қисмида чўккан туб чўкиндилар механик усулда (эксковаторлар, автосамосваллар ва бошқа турдаги машиналардан фойдаланиб) қазиб олиниб, селсувомборлари қирғоғидан ташқарига чиқариб ташланади ёки улардан қурилиш материаллари сифатида ҳам фойдаланиш мумкин.

Дала шароитида ўтказилган изланишлар натижаларини тахлил қиладиган бўлсак, селсувомбори юқори бьефида сув сатҳлари, сув тошқинлари ва сел оқимлари ўтиш даврида баланд белгиларда бўлади. Лойқалик даражаси юқори бўлган оқим селсувомборига тушганда мураккаб гидравлик-физик ҳолатлар юзага келади. Селсувомборларига катта миқдорда лойқа тушганда ва юқори бъефларда сув сатҳи кескин ўзгарувчан бўлса, сув чиқаргич иншооти каллагини лойқа босиш хавфи юзага келади (2 расм) *Қорабоғ ва Лангар* селсувомборлари фойдали сиғимларини ва сув чиқаргич иншоотлари каллакларини лойқа чўкиндилардан ҳимоялаш учун ҳамда муаллақ заррачали лойқа чўкиндиларнинг бир қисмини қишлоқ хўжалиги ерларига чиқариб юбориш учун мўлжалланган конструктив тадбирлар ишлаб чиқилди.

а)




б)




*1- расм. Селсувомборлари юқори бъефларига тушадиган лойқа оқимни бошқариш бўйича конструктив тадбирлар. а)- пландаги кўриниши; б) - бўйлама қирқими кўриниши.*

*1-тўғон; 2-НДС зонаси; 3-табиий ўзан; 4-лойқа оқимни йўналтирувчи канал;5-планда учбурчак шаклли тиндиргич; 6-сув чиқазгич каллаги; 7-сув ташлама туннель; 8-сув чиқаргич затворлари 9-туб чўкиндилар; 10-муаллақ чўкиндилар.*

Таклиф этилаётган конструктив тадбирларни лойиҳалашда, биринчи навбатда селсувомборларининг юқори бъеф топографик шароити, сув манбаларининг гидрологик режими ва гидроузелларнинг эксплуатация жараёнлари инобатга олинди. Бунда асосан, юқорида қайд қилинган омилларга боғлиқ равишда селсувомборларига тушган лойқа оқимлар тарқалишини ва уларнинг чўкишини бошқаришдан иборат. Бунинг учун селсувомбори юқори бъефи фойдали сиғими зонасида тўғри чизиқли кириш қисмидан сув чиқазгич иншоотига йўналтирилган канал қурилади. Каналнинг ўлчамлари, селсувомбори қурилган сув манбанинг (дарё ёки сой) 1%

гидрологик таъминланганликдаги максимал сув сарфи ва унинг таркибидаги қаттиқ оқим миқдорига боғлиқ равишда аниқланади хамда бўйлама нишаблиги табиий ўзан нишаблигига тенг ёки ундан катта бўлиши таъминланади.




*2 расм - Қорабоғ селсувомбори юқори бъефи сув чиқаргич иншооти зонасининг ҳозирги ҳолати*
*1- тўғон юқори қиялиги; 2-сув чиқазгич иншооти каллаги; 3-лойқа ётқизиқлари*

Маълумки, қаттиқ оқим шартли равишда икки турга, яъни туб ва муаллақ чўкиндиларга бўлинади ва уларнинг сараланиб кетма-кет чўкишини таъминлаш учун канал ўқи бўйича икки камерали тиндиргич қурилади. Биринчи камерада туб, иккинчи камерада эса муаллақ лойқа чўкиндилар чўкиши кузатилади. Биринчи камера тубининг бўйлама нишаблиги канал нишаблигига тенг бўлади, узунлиги каналнинг тўртдан бир қисмига тенг, кенглиги эса канал кенглигидан 2-3 маротаба катта бўлади. Иккинчи камера кенглиги биринчи камера кенглигига тенг, узунлиги биринчи камера узунлигидан 2,5-3 баробар катта бўлади, тубининг нишаблиги нолга тенг, яъни горизонтал ҳолатда бўлади. Бунинг учун, иккинчи камера бошланғич қисми чуқурлиги қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$h_2 = L_3 * i_к \,, \qquad (1)$$

бу ерда: $h_2$ - иккинчи камера бошланғич қисми чуқурлиги, м;
$L_3$ - иккинчи камера узунлиги, м;
$i_к$- канал бўйлама нишаблиги.

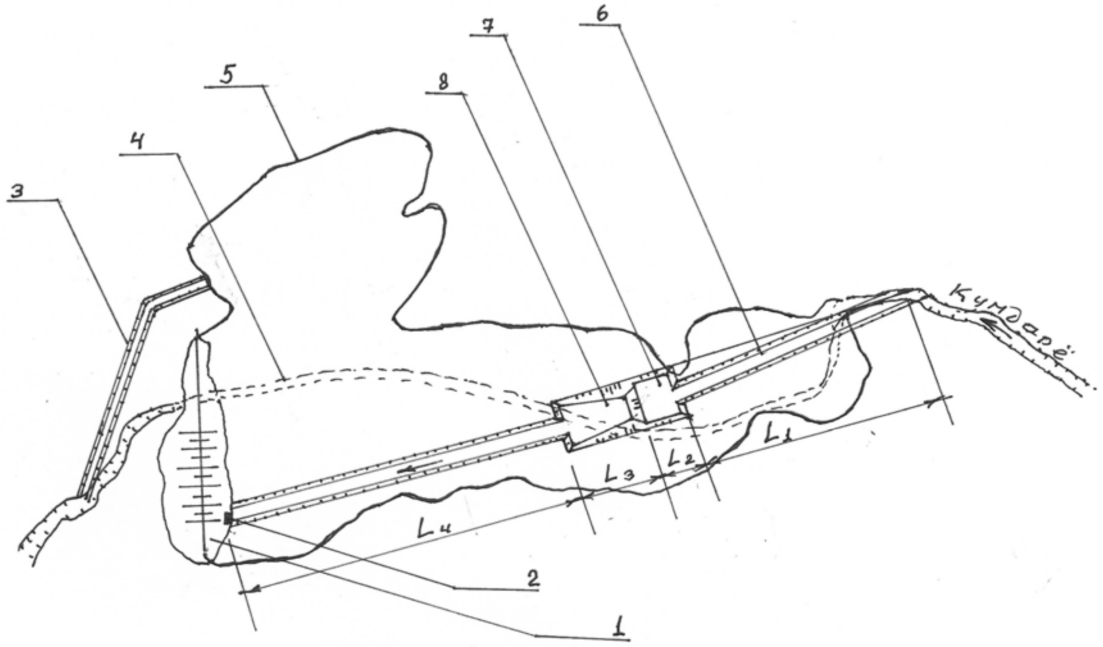
Бундай ҳолат иккинчи камера зонасида сув чуқурлигининг бир хил бўлишини таъминлайди ва ушбу зонада гидродинамик тенглик юзага келади, натижада муаллақ лойқа чўкиндиларнинг фаол чўкиши кузатилади. Таклиф этилаётган конструктив-технологик тадбирларнинг асосий моҳияти шундан иборатки, юқори бъефга тушган лойқанинг тарқалишини, чўкишини бошқариш сув омборларининг эксплуатация режимларига салбий таъсир кўрсатмайди. 3-расмда *Қорабоғ* сув омборида лойқа чўкиндиларга қарши курашиш учун таклиф этилаётган конструктив-технологик тадбирларнинг кўриниши келтирилган.

Сув тошқинлари ва сел оқимлари ўтиш даврида, сув омбори тўғони (1) юқори бъефига (5) табиий ўзан орқали кирган лойқа оқим, сунъий ўзан, яъни канал (6) бўйлаб ҳаракатланади. Чунки, дала шароитида бир неча сув омборларида ва сув омбори фазовий моделида ўтказилган тадқиқотлар натижалари шуни кўрсатдики, сув омборидаги сувга нисбатан лойқа чўкиндилар эвазига зичлиги анча юқори ва ҳарорати эса паст бўлган оқим айнан чуқур ўзан бўйлаб, яъни ушбу ҳолатда канал (6) бўйлаб ҳаракатланиши юзага келади. Лойқа оқим канал (6) дан, тубининг кенглиги канал (6) кенглигидан 2-3 маротаба катта бўлган, биринчи камерага (7) кирганда тезлиги кескин сўнади ва ушбу зонада туб чўкиндилар чўкиши юзага келади. Муаллақ заррачали лойқа оқим иккинчи камерага (8) киради ва ушбу зонада сув босими бир хил бўлгани ва гидродинамик тенглик юзага келганлиги сабабли, уларнинг аксарият қисми ушбу камерада чўкади, 10-20 % эса сув чиқаргич иншооти орқали пастки бъефга чиқариб ташланади.

Таклиф этилаётган конструктив-технологик тадбирларнинг асосий параметрларини аниқлаш бўйича услубий кўрсатмаларни келтирамиз.

Селсувомбори юқори бъефи фойдали сиғими зонасида қуриладиган тўғри чизиқли, кириш қисмдан сув чиқаргич иншоотига йўналтириладиган канал ва унинг ўқи бўйлаб жойлашадиган

тиндиргичнинг биринчи ва иккинчи камералари ўлчамлари, *Лангар ва Қорабоғ* селсувомборлари қурилган *Лангардарё ва Қорабоғдарёларнинг* кўп йиллик ўртача максимал сув сарфи ва қаттиқ оқим миқдорига боғлиқ равишда аниқланди.




*3 расм - Конструктив тадбирлар бўйича Қорабоғ сув омбори юқори бьефи кўриниши*
*1-тўғон; 2-сув чиқаргич;3-ҳалокатли сув ташлагич; 4-табиий ўзан;5-НДС бўйича сув контури; 6-сунъий ўзан; 7-биринчи камера;8-иккинчи камера*

Бунда максимал сув сарфлари тахминан *45...105 м$^3$/сек* ва улар орқали селсувомборига кирадиган лойқа чўкиндилар миқдори эса *18...32 минг м$^3$* бўлиши мумкин. Ушбу лойқа чўкиндиларнинг *80...90 %* заррачалари ўлчамлари *d<0, 05 мм* бўлган муаллақ чўкиндилар, қолган қисмини эса заррачалари ўлчамлари *d>0,05 мм* бўлган туб чўкиндилар ташкил этади. *Лангар ва Қорабоғ* селсувомборлари фойдали сиғимилари мос равишда 6,7... 9,3 млн. м$^3$, юқори бъефи табиий ўзан қисмининг бўйлама нишаблиги 0,010...0,012, юқори бъефи фойдали сиғими зонасида қурилган, тўғри чизиқли, кириш қисмдан сув чиқаргич иншоотига йўналтирилган каналнинг узунлиги $L_1$= 350...500 м, чуқурлиги
$h_к$=3,25... 3,75 м , тубининг кенглиги $b_к$ = 3,5...4,5 м бўлади ва унинг тубининг бўйлама нишаблиги эса юқори бъеф табиий ўзан қисмининг бўйлама нишаблигига тенг, яъни $i_к = i_р$ = 0,010...0,012 қабул қилиниши мумкин.

Канал ўлчамларидан келиб чиққан ҳолда, биринчи камера ўлчамлари – чуқурлиги
$h_1 = h_к$ = 3,25...3,75 м, тубининг кенглиги $b_{к1} = 3 \times b_к = 3 \times 3,5...4,5 = 10,5...13,5$ м , узунлиги эса
$L_2 = L_1/4 = 350...500/4 = 87,5...125$ м ва иккинчи камеранинг ўлчамлари- узунлиги
$L_3 = 2,5 \times L_2 = 2,5 \times 87,5...125 = 215...310$ м , тубининг кенглиги $b_{к1} = b_{к2}$ = 10,5...13,5 м, камера охирги қисми чуқурлиги $h_3 = h_1$=3,25-3,75 м ва иккинчи камера бошланғич қисми чуқурлиги $h_2$ қуйидагича аниқланади:

$$h_2 = L_3 * i_к , = (215...310)_* \ 0,010...0,012 = 2,15...3,8 \ м$$

1 жадвал - Селсувомборлари юқори бъефларида қурилиши тавсия қилинган сунъий ўзанлар ва тиндиргичлар ўлчамлари

| Сунъий ўзан узунлиги L1...L4, м | Ни-шаб-лиги $i_к$ | Канал туби кенг-лиги $b_к$,м | Канал чуқур-лиги $h_к$,м | Канал қиялик коэф-ти $m_к$ | Тиндиргичлар Ўлчамлари $L_2$, $L_3$, $b_{к1}$, $b_{к2}$, $h_1$, $h_2$ м | Сув ўтказиш қобилияти м$^3$/с $Q$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| *Қорабоғ селсувомбори* | | | | | | |
| 500…550 | 0,012 | 4,5 | 3,75 | 1,5 | 125; 310; 23,5; 13,5; 3,75; 3,8 | 70-80 |
| *Лангар селсувомбори* | | | | | | |
| 350...375 | 0,010 | 3,5 | 3,25 | 1,5 | 87; 215; 10,5; 10,5; 3,25; 2,15 | 55-75 |

Селсувомборида қоладиган лойқа-чўкиндиларнинг асосий қисми эса ушбу сунъий ўзанлар бўйлаб чўкади ва юқори бъеф сув сатҳининг пасайиб бориши билан улар ювилиб сув чиқаргич томон кўчирилади ва юқори бъефда сув йиғиш даври бошлангунча транзит усулда пастки бъефга чиқарилиши мумкин.

*Лангар ва Қорабоғ* селсувомборларида сентябр ойидан бошлаб баҳор ойларигача фақат бир мавсумда дарё сувини пастки бьефга транзит усулда ўтказиб туриш лозим.

*Хулоса қилиб айтганда*, селсувомборларидаги лойқа ётқизиқлари миқдорининг ошиб бориш жараёнини тўхтатиш бугунги куннинг ўта долзарб масалаларидан ҳисобланади. Айниқса, *Чортоқ, Лангар, Қорабоғ, Деҳқонобод ва Шурабсой* каби селсувомборлари лойқа ётқизиқларини мавсумий равишда назорат қилиб бориш кечиктириб бўлмайдиган тадбирлардан ҳисобланади. Ушбу иш доирасида селсувомборлари юқори бъефларида юзага келаётганган лойқа ётқизиқларни бошқаришга мўлжалланган конструктив технологик тадбирлари ишлаб чиқилди ва уларнинг параметрлари асосланди.

УДК 691:626.826

# ЗАЩИТНЫЕ ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЭКРАНЫ И КОНСТРУКЦИИ «СЭНДВИЧ» ДЛЯ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ДЕФЕКТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ БЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ГТС

***О.В. Зуев, А.А. Петров, Р.Ф. Байкова***
*(НИИИВП при ТИИМ)*

*This article describes the options screens and protective surface structures,"sandwich" with an intermediate layer between the adhesive sublayer old and new concrete, based polyepoxide, in order to prolong the viability of facilities.*

*В статье рассмотрены варианты защитных поверхностных экранов и конструкций «сэндвич» с промежуточным клеевым подслоем между слоем старого и нового бетона, на основе полиэпоксидов, с целью продления жизнеспособности сооружений.*

Из огромного объема сфер использования традиционно-классического материала и конструкционных элементов на минеральной основе, а именно, из бетона и железобетона, самой экстремальной является область мелиорации и гидротехники. Причем экстремальность эта выражается на ранних стадиях еще до начала эксплуатации объектов, в ходе строительства противофильтрационных покрытий каналов и плотин из монолитных бетонов. Возникает необходимость длительной транспортировки сырьевой смеси и её укладки на больших площадях земляных откосов. Огромный модуль поверхностей конструкций покрытий, представляющий собой тонкостенный, по своей сути, пленочный элемент, подвергается целой гамме отрицательных воздействий в виде солнечной инсоляции и обдува воздушными потоками, всегда имеющих место в гидросооружениях. Все эти воздействия при сложности организации ухода и обеспечения нормальных условий на ранней стадии твердения и набора прочности зачастую приводят к некачественному структурообразованию цементного камня, что впоследствии может сказаться на водостойкости материала из-за растворимости самого неустойчивого продукта гидратации цемента, а именно трехкальциевого силиката.

Учитывая тот факт, что на сегодняшний день в республике имеется огромная сеть мелиоративных транспортирующих и накопительных систем с гигантским объемом бетонных противофильтрационных покрытий со сроком эксплуатации более 50 лет, то становится очевидным целесообразность и актуальность выбранного направления. Актуальность выбранного направления подчеркивает и тот факт, что по данным многочисленных визуальных наблюдений на различных объектах, в том числе и покрытиях Ташводохранилища, наблюдаются многочисленные дефекты конструкций бетонных экранов с различной степенью корродированности на глубину от 0,1 до 40 мм, которые восстанавливаются эксплуатационными службами с помощью малоэффективных поверхностных минеральных изоляций.

Повышение эксплуатационной надежности и жизнеспособности таких ремонтно-восстановительных работ с помощью возобновляемых минеральных изоляций с клеевыми

прослойками или самостоятельных поверхностных покрытий возможно только с помощью экономически доступных полимерных композиций.

Целесообразность такого направления диктуется опытом множества государств, таких как Великобритания, Италия, Испания, Португалия, Бельгия, Норвегия, Швеция, США, где после 50-60 лет эксплуатации наполнительных ГТС ставилась проблема продления жизнеспособности корродированного бетона за счет вымывания двухкальциевого силиката мягкими речными водами. Опыт вышеназванных стран показал, что существующие методы механической активизации поверхности корродированного бетона неспособны обеспечить приемлемой адгезионной надежности сопряжений слоев старого и нового бетона. Это ведет к отторжению возобновляемых покрытий и необходимости приостановки эксплуатации водохранилищ с целью разборки старых покрытий и устройству новых бетонных противофильтрационных покрытий.

В то же время опыт США, Швеции и Норвегии показал, что данная проблема решаема путем буферных прослоек в конструкциях «сэндвич» с применением полиэпоксидов, обеспечивающих адгезионное взаимодействие старых и новых слоев бетона или с помощью поверхностных изоляций, обеспечивающих длительное функционирование старых покрытий и приостановкой процессов коррозии бетона.

Одним из вариантов решения данной проблемы является создание новых составов полиэпоксидов для поверхностных тонкослойных защитных покрытий на ранних стадиях коррозионных процессов или буферных адгезионных прослоек в конструкциях типа «сэндвич», заключенного между слоями старого и нового бетона при глубоких повреждениях бетона.

В известных традиционных составах полиэпоксидов помимо разновидностей пластифицирующих веществ находят применение мономеры ФА, сланцевые фенолы, кузбаслаки, каменноугольные смолы и различные полиэфиры, добавляемые в составы в количестве от 20 до 100 масс ч.

Учитывая дефицитность перечисленных продуктов и высокую их стоимость, проведены мероприятия по поиску отечественных ресурсов, способных заменить перечисленные виды материалов. В качестве данного вида заменителя, нами был апробирован полиэтиленовый воск (ПВ), содержащийся в жидких хвостовых отходах Шуртанского нефтехимического комплекса.

Апробирование данной разновидности пластификатора показало, что введение его в составы полиэпоксидов способно снизить себестоимость конечного продукта от 34,43 до 19,76 тыс. сум. за кг при введении полиэтиленового воска до 100 масс ч. эпоксидной смолы при сохранении достаточно высокого показателя прочности растяжения изгиба. В табл. 1 приводятся данные влияния полиэтиленового воска на стоимостные характеристики конечного продукта в зависимости от количества пластификатора, вводимого в объемах от 20 до 100 мас. ч. Как видно из данных этой таблицы, при исходной прочности материала, не содержащего добавки полиэтиленового воска в 70 Мпа максимум его введения, составляющего 100 масс ч., снижает прочность до 13-14 Мпа при почти двукратном снижении себестоимости и достижении малярной консистенции, позволяющей кистевое нанесение продукта, даже при введении большого количества наполнителя.

Таблица 1 - Влияние добавок полиэтиленового воска (ПВ) из хвостовых отходов Шуртанского нефтехимического комплекса на прочностные свойства полиэпоксидов в возрасте 30 суток

| Состав смеси (%) | | | | R. Растяжение изгиба МПА | Расход компонентов (%) | | | | Стоимость компонентов тыс. сум | | | | Итого стоимость 1 кг. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ЭД-20 | ПЭПА | Раств 646 | ПВ | | ЭД-20 | ПЭПА | Раств 646 | ПВ | ЭД-20 | ПЭПА | Раств. 646 | ПВ | |
| 100 | 10 | 20 | - | 70-80 | 1,0 | 0,1 | 0,2 | - | 42 | 2.0 | 0,76 | - | 34-43 |
| 100 | 10 | 20 | 20 | 60-67 | 1,0 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 42 | 2,0 | 0,76 | 0,14 | 29-93 |
| 100 | 10 | 20 | 40 | 40-45 | 1,0 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 42 | 2,0 | 0,6 | 0,28 | 26-49 |
| 100 | 10 | 20 | 60 | 22-24 | 1,0 | 0,1 | 0,2 | 0,6 | 42 | 2,0 | 0,76 | 0,42 | 23-78 |
| 100 | 10 | 20 | 80 | 15,1-15,3 | 1,0 | 0,1 | 0,2 | 0,8 | 42 | 2,0 | 0,76 | 0,56 | 21-15 |
| 100 | 10 | 20 | 100 | 13-14 | 1,0 | 0,1 | 0,2 | 1,0 | 42 | 2,0 | 0,76 | 0,7 | 19-76 |

Главной целью исследований данной тематики являлась разработка составов конструкций с максимальным вовлечением отечественных ресурсов для обеспечения приемлемых экономических параметров полиэпоксидов при их использовании как в конструкциях

поверхностных экранов, так и конструкций «сэндвич».

Разработанные составы полиэпоксидов с максимальным включением вторичных ресурсов предусматривают использование компонентов с нижеследующим их содержанием в конструкциях:

1. Эпоксидная диановая смола ЭД-20 – 100 м.ч.
2. Полиэтиленовый воск из хвостовых отходов – 100 м.ч.
3. Катализатор, ПЭПА – 10 м.ч.
4. Гранитно-мраморная мука из отходов камнеобрабатывающей промышленности – 300 м.ч.

Как показали комплексные исследования физико-механических и эксплуатационно-технических свойств, составы на основе перечисленных выше компонентов при длительной их экспозиции в природно-климатических и водных средах в течение 240 суток обладают нижеследующими основными характеристиками:

1. Прочность растяжения изгиба не ниже 10,3 МПа.
2. Адгезия к старому и свежеуложенному бетону не ниже 2,3 МПа.
3. Водостойкость по прочности изгиба не ниже 0,99.
4. Коэффициент стойкости по адгезии не ниже 1.
5. Стоимость 1 кг композиции не выше 8630 сум.
6. Водонепроницаемость не ниже 4 МПа.

В процессе лабораторных исследований с целью выяснения возможности снижения первичных расходов средств рассматривался вариант конструкции «сэндвич», с дробным нанесением полиэпоксидов на 50 % площади дефекта и расходом клея в количестве 400 г/м$^2$, и нанесением его по контуру детали и точечным расположением материала на остальной площади, что оказалось возможным с обеспечением адгезии бетона от 40-47 % от максимума.

При разработке конструкции «сэндвич» рассматривались варианты нанесения поверхностных защитных слоев бетона от 20 до 100 мм. При этом, учитывая сложность обеспечения нормальных условий гидратации бетона в тонком слое, следует применять высококачественные товарные смеси с прочностью не ниже Мр-300, водонепроницаемостью не ниже В-6 и МРЗ-400, при обеспечении условий выдержки минерального слоя изоляции при нормальных влажностных и температурных параметрах на весь срок набора прочности. Эти условия предусматривают поверхностные укрытия пленочными материалами и теплозащитными и влагоудерживающими материалами.

Рассматриваемые конструкции ремонтно-восстановительных работ с применением любого из примененных типов при соблюдении правил приготовления составов и технологий работ обеспечивают длительную жизнеспособность элементов бетонных конструкций при минимуме долговечности не менее 15 лет, с сохранением длительного срока исходных свойств и обеспечением высокой жизнеспособности конструкций.

Себестоимость разработанной конструкции, в зависимости от толщины слоев покрытий, может составлять от 10112 до 37906 сум/м$^2$, а с учетом длительной жизнеспособности годовая стоимость не превысит показатель 674-2527 сум/м$^2$.

Анализом также рассмотрен вариант технического решения с применением дробного варианта клеевой прослойки между слоями минеральных изоляций с расходом полиэпоксидов в пределах 400 г/м$^2$. В этом случае себестоимость ремонтно-восстановительных работ в зависимости от толщины возобновляемого бетона от 1 до 10 см будет составлять в пределах от 443 до 2299 сум/м$^2$ /год.

На основании вышеизложенного можно сделать заключение о том, что разработанные взамен традиционных типов пластификаторов и наполнителей составы с использованием отходов отечественного производства обеспечивают приемлемые характеристики физико-механических, эксплуатационно-технических и технико-экономических свойств. Они способны на различных этапах коррозионных процессов бетона обеспечить повышение жизнеспособности сооружений ГТС путем использования вариантов поверхностных экранов или конструкции «сэндвич» с минимальными годовыми затратами и высокой экономической эффективностью.

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Попченко С.Н. Гидроизоляция зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1981.
2. Кардашов Д.А. Синтетические клеи. – М.: Химия, 1976.

УДК 681.5:626.810

# МОНИТОРИНГ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА УРОВНЕ АВП

***М.Р. Икрамова, И.А. Ахмедходжаева, Н.Д. Икрамов, С. Батищев***
*(НИИИВП при ТИИМ)*

*Implementation of information-analytical system for monitoring and evaluation of the land and water resources use within the WUAs is a key issue. The developed computer model contains: electronic linear scheme of irrigation systems including the crop fields, the tools for planning of water allocation and water balance calculation; the GIS - map containing digital, text and graphical information covering all aspects of water and land resources state, water consumption and disposal data. The program is intended to support water resources management, water distribution evaluation, reasonable correction of planned modes based on existing real situation.*

*СИУлар худудида сув ва ер захираларидан фойдаланишнинг мониторингини олиб бориш учун маълумот ва таҳлил тизимини жорий қилиш долзарб вазифадир. Ишлаб чиқилган компьютер модели қуйидаги бўлимлардан ташкил топган: суғориш тизимининг электрон чизиқли схемаси тузилиб, унда суғориладиган далалар ва экин турлари кўрсатилган, сув тақсимлашни режалаштириш ва балансини ҳисоблаш ишлари бажарилади; ГИС-харита ишлаб чиқилган бўлиб, сув ва ер заҳиралари ҳолатини ёритувчи, сув истеъмоли ва сув оқоваларига тегишли рақамли, матнли ва график маълумотларни ўз ичига олади. Дастур сув заҳиралирини бошқаришда ёрдам бериш учун, тизимда сувни тақсимланишининг самарасини кўриш, маҳаллий шароитга қараб режага тезкор ўзгартишлар киритиш каби вазифаларни бажаришга мўлжалланган.*

*Внедрение информационно-аналитической системы мониторинга и оценки использования водно-земельных ресурсов в рамках АВП является актуальным вопросом. Разработанная компьютерная модель состоит из: электронной линейной схемы оросительных систем с прикрепленными к ней полями с указанием культур, с расчетным инструментом для планирования, водораспределения и составления водного баланса системы; ГИС-карты, содержащей цифровую, текстовую и графическую информацию, которые детально освещают все аспекты состояния водно-земельных ресурсов, водопотребления и водоотведения. Программа, предназначена для оказания поддержки в управлении водными ресурсами, оценки водораспределения по системе, обоснованной корректировке плановых режимов, исходя из реально складывающейся обстановки.*

Разработка и внедрение эффективных средств учета воды и инструментов анализа использования водных ресурсов должны осуществляться с целью экономии воды и повышения продуктивности ее использования. Однако, на уровне АВП существующая система управления водой не позволяет своевременно анализировать и оперативно корректировать план водопользования и водораспределения с учетом создавшейся ситуации. Имеющиеся 52 ирригационные системы в 10 бассейновых управлениях в системе Минсельводхоза, на территории которых расположены 83016 фермерских хозяйств, объединенных в 1708 АВП, которые обслуживают 3940 тыс. га орошаемых площадей Узбекистана, нуждаются в инструментах эффективного управления водой с целью повышения ее продуктивности.

Работа выполнена в рамках инновационного проекта «Внедрение новой компьютерной программы по мониторингу и оценке водно-земельных ресурсов фермерских хозяйств АВП «Пскент-Зилол сув» в целях повышения эффективности их использования», финансируемого Комитетом развития науки и новых технологий. Целью проекта была создание информационно-аналитической системы мониторинга и оценки использования водно-земельных ресурсов фермерскими хозяйствами в рамках АВП. Объектом исследований была выбрана АВП «Пскент-Зилол Сув», расположенная в Пскентском районе Ташкентской области, которая объединяет 35 фермерских хозяйств и 1 сельский сход граждан (рис. 1).

АВП обслуживает 3041 га орошаемых земель, из которых 1455 га отведены под хлопок, 1250 га земель - под зерновые культуры, а на остальной части выращиваются фрукты и овощи. Кроме того, расположенные рядом населенные пункты также пользуются услугами АВП для полива приусадебных участков. На территории имеется 27 га земель, которые не используются из-за нехватки воды.

Источником воды АВП «Пскент-Зилол сув» являются Северная и Южная ветки Ташкентского канала. Северная ветка обеспечивает 33 фермерских хозяйств, остальные 3 хозяйства подвешены к Южной ветке. Анализ водообеспеченности фермерских хозяйств и их оснащенности гидропостами и водовыпусками показал, что фермеры обеспечены водой от 80 до

91 %. Из 36 фермерских хозяйств всего 19 оснащены гидропостами. На балансе АВП находится 150 км оросительной сети, из которых 138 км проходят в земляном русле, 12 км - в лотках. На сети установлены 144 водовыдела. На 4 перегораживающих сооружениях и 19 водовыделах установлены гидропосты. В системе функционируют насосные станции, из которых 7 находятся на балансе АВП, а 500 насосов - на балансе фермеров. Общая протяженность коллекторно-дренажной сети составляет более 80 км.

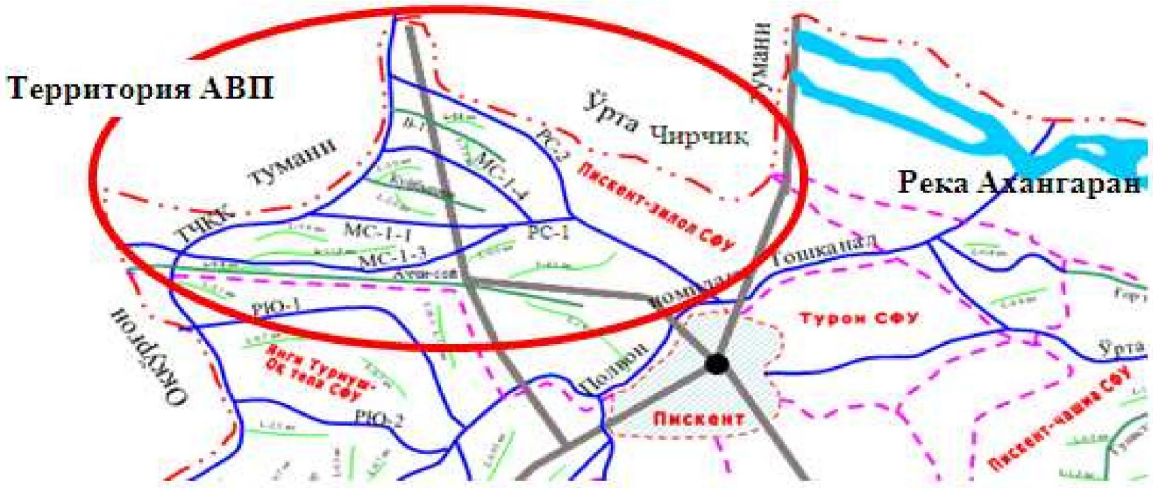



*Рис. 1 - Расположение АВП «Пскент -Зилол Сув» в Ахангаран-Дальварзинской ирригационной системе*

Вода на поля доставляется по внутрихозяйственной сети. Из-за несовершенства и изношенности, внутрихозяйственная система характеризуется низким КПД порядка 0,6. Каналы плохо очищаются, заросли камышом и заилены. Причинами низкой эффективности использования воды на фермерских полях являются:

- недостаточная выравненность рельефа в результате некачественной планировки;
- использование неоптимальных элементов техники полива, не соответствующих в достаточной степени конкретным природным условиям;
- нарушение сроков водоподачи с помощью насосов из-за проблем с электроэнергией и изношенности насосных агрегатов
- недостаток знаний у фермеров относительно эффективности поливов и негативных последствий переполива.

В результате всех перечисленных причин продуктивность оросительной воды низкая: с 1 м$^3$ затраченной воды производится 0,25-0,35 кг хлопка сырца и 0,80-0,95 кг пшеницы.

Создание системы мониторинга предполагает объединение в единый комплекс всех технических средств обработки информации с использованием новых технологий и различных процедур. Разработанный компьютерный программный комплекс состоит из следующих модулей:

- Интерфейс, объединяющий все составляющие модули в один блок и выполняющий их запуск. Обеспечивает оперативный доступ к любому из компонентов комплекса, не используя дополнительных программных средств.
- База данных, созданная в MS Access, накапливает данные по объектам разного уровня и позволяет вести их мониторинг. Облегчает выполнение работы путем использования стандартного операционного метода.
- Модуль для расчета водного баланса построен на базе программы MS Access. Оснащение электронной линейной схемой ирригационных систем позволяет производить наглядно отображаемый расчет планирования, распределения воды и получение баланса.
- Геоинформационная база данных, использующая ArcGIS, содержит визуальную информацию о картографических объектах и связанных с ними характеристиках, в рамках задач данного пакета.

Программа предназначена для централизованного хранения и обработки водохозяйственной информации и обработки и анализа вводимых данных и позволяет:

- Управлять водными ресурсами посредством ежедневного мониторинга вводимой информации,
- Исходя из определённого объёма накопленной информации, принимать необходимые решения в данной области,

- Контролировать качество вводимой информации посредством использования графического (диаграммного) представления оперативных данных,

- Получать различные виды выходных форм и систематизировать накопленный схематический материал.

База данных состоит из нескольких программных файлов, предназначенных для ежедневного ввода информации о расходах воды в оросительные системы из каналов, также состоит из нескольких форм для просмотра и анализа ежедневной, месячной и годовой информации. Один из ключевых моментов - возможность **передачи данных через Интернет в основную Базу данных.** Эффективность будет заключаться в том, что создана возможность анализировать ежедневно вводимую информацию, и пересылать ее из отдельных объектов в основную Базу данных для обработки информации и принятия необходимых решений в отношении определённого хозяйства.

Через основную форму осуществляются все операции (рис. 2): по вводу, обработке, мониторингу, анализу, передаче и получению данных, а также можно переключаться на языки: узбекский, русский и английский).

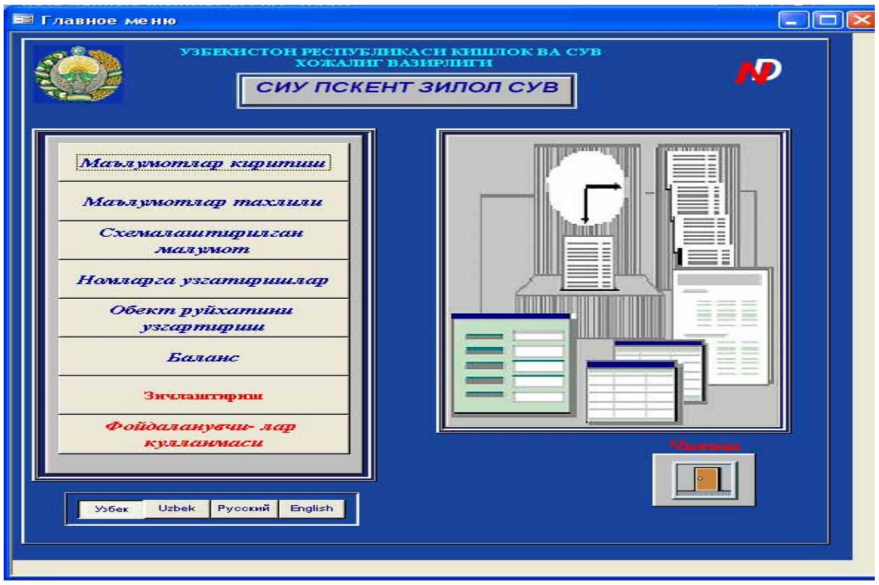



*Рис. 2 - Основная форма базы данных*

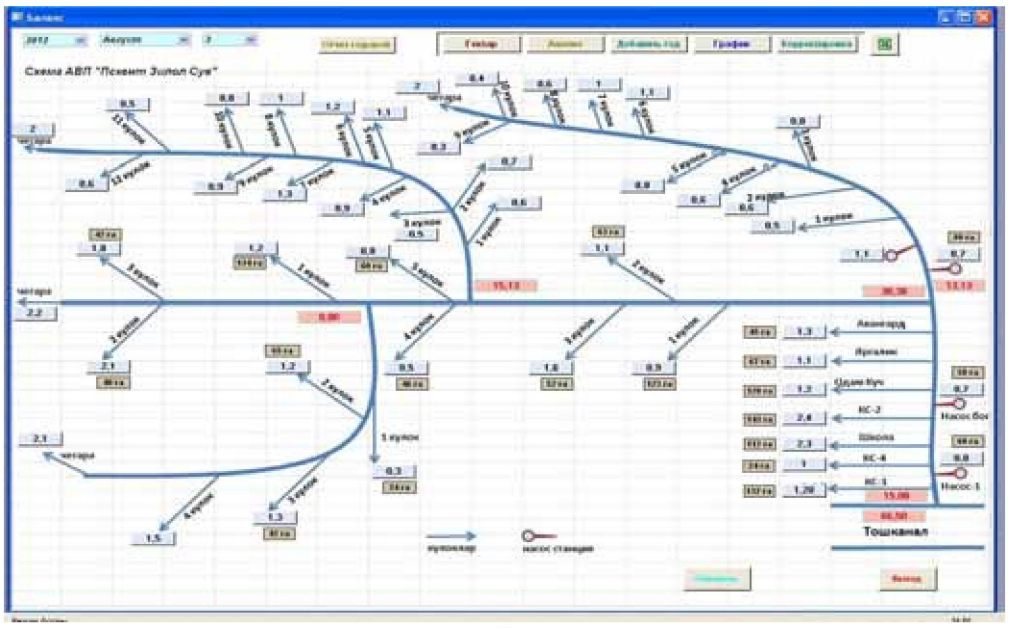
Для нормального функционирования блока достаточно скопировать директорию PskentDB со всем ее содержимым на диск С: **C:\PskentDB\.** Для удобства работы с Блоком, необходимо создать иконку на рабочем столе, которая позволит быстро запускать Анализирующую программу базы данных.

WBC программа выполняет оперативный расчет водного баланса (рис. 3). Оснащение электронной линейной схемой ирригационных систем позволяет производить наглядно отображаемый расчет планирования, распределения воды и расчет ее баланса по оросительной системе. Путем внесения количества потребной воды по заявкам фермеров с учетом потерь воды (при известном КПД водотока) вычисляются объемы водозаборов из межхозяйственной оросительной системы. При этом можно зафиксировать количество политых площадей. Ежедневная информация может быть накоплена в базе данных и распечатана в виде отчета.

Ниже приведен фрагмент программы расчета баланса (рис. 4) и состав программных файлов.

На базе ArcGIS создана основа геоинформационной системы территории АВП «Пскент-Зилол суви» с использованием спутниковых снимков топографических карт масштаба 1:50 000. В качестве исходных данных были использованы материалы АВП по земельному кадастру, учетные данные фермеров, отчетные формы МСВХ. ГИС-карта содержит следующие группы слоев: гидромелиоративное состояние земель, оросительные системы с водораспределительными сооружениями и гидропостами, фермерское территориальное деление с указанием сельскохозяйственных культур, населенные пункты и др. (рис. 5).

*А)*




*Б)*

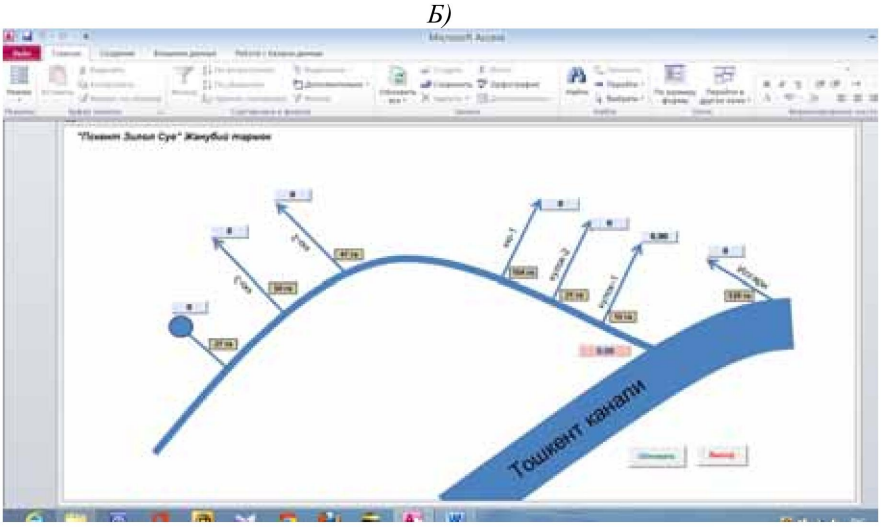



*Рис. 3 - Линейные схемы по расчету баланса воды:*
*А)Северная ветка, Б)Южная ветка*

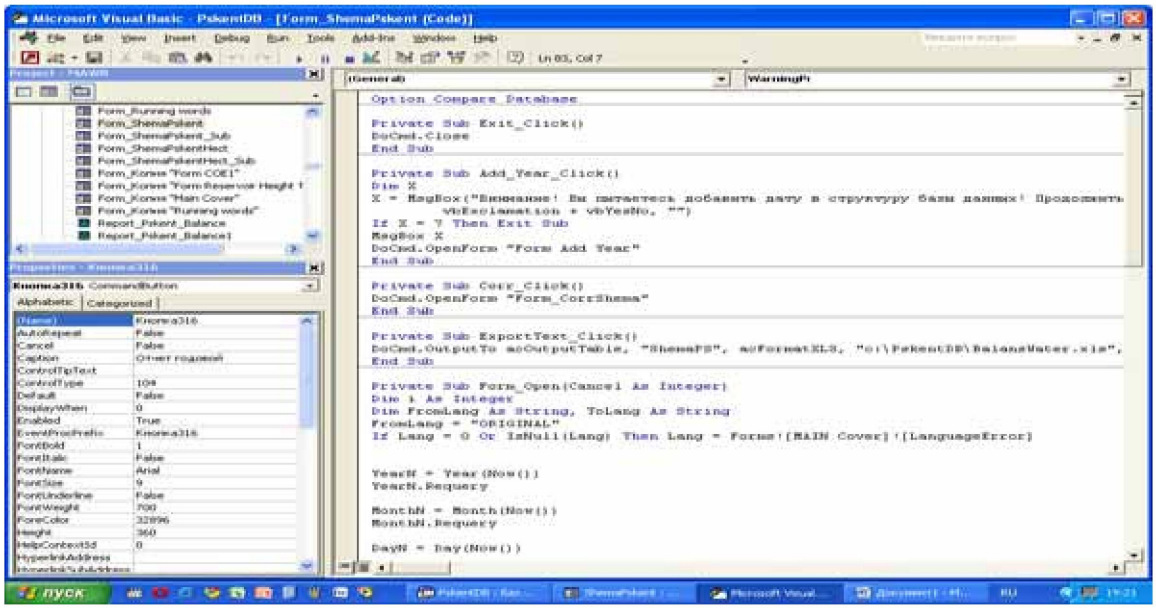
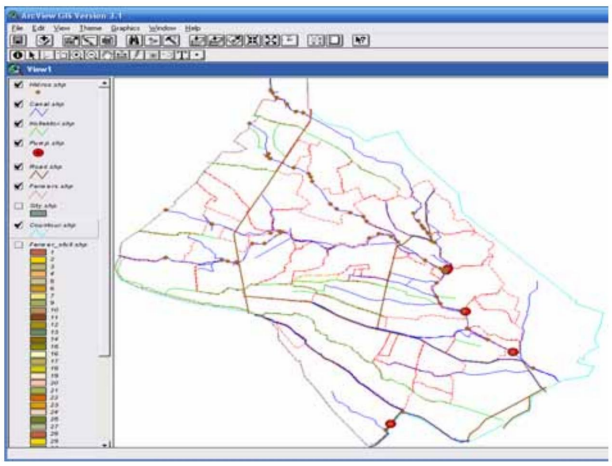
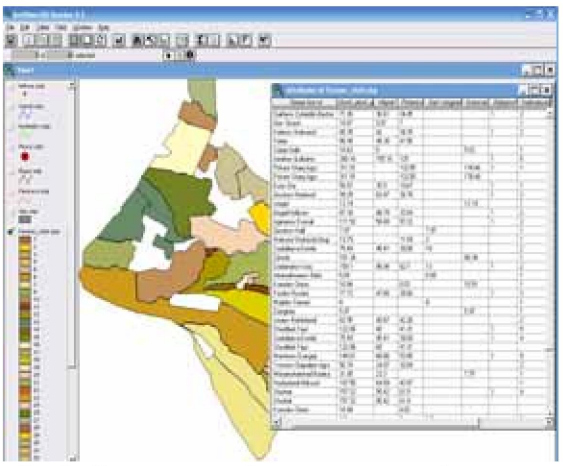



*Рис. 4 - Фрагмент программы расчета баланса*



*Слой: Размещение учетных сооружений*



*Слой: Размещение фермерских хозяйств и их характеристики*

*Рис. 5 - Страницы ГИС-карты АВП Пскент Зилол Сув*

Реализация программного продукта должна осуществляться на основе технологий, обеспечивающих быстрый доступ к информации, защиту данных, создание локальных сетей, выход в Интернет (web-возможности), подключение автоматизированных систем измерений и учета водных ресурсов, подключение аналитических модулей (моделей) и систем поддержки принятия решений.

Созданный программный продукт для ведения мониторинга и оценки с необходимым оборудованием и программным обеспечением позволяет повысить эффективность управления водными ресурсами, оперативно установить зоны нехватки или избытка воды и прогнозировать дальнейшую картину количественного и качественного состояния водно-земельных ресурсов, увеличить скорости обработки информации. Затраты на разработку программного продукта и создание системы накопления и передачи информации могут окупиться в течение максимум 2 лет.






При нулевом варианте экономический ущерб от потери урожайности вследствие несвоевременной подачи воды составляет 250 долл. США на 1 гектар в условиях зон самотечного орошения, и 1750 долл. США в зонах машинного орошения.

На программный продукт получено авторское свидетельство на интеллектуальную собственность, регистрационный № 0277 от 14 ноября 2012 г.

Современная информационная система должна учитывать инициативу и творчество самого пользователя по анализу водохозяйственной ситуации. Пользователю предоставляется

возможность создавать свои альтернативы управления и в то же время, проанализировать и в комплексе взглянуть на процессы, которые характерны для отдельных объектов и участков.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Денисов Ю.М., Сергеев А.И., Побережский Л.Н. Метод оценки водообеспеченности орошаемой территории // Тр.САНИГМИ. – 1996. - Вып. 149. - С. 68-78.

2. MicrosoftAccess. Система управления реляционными базами данных для Windows. (Руководство пользователя - Microsoft Corporation).

3. Севрюгин В.К., Морозов А.Н. Оценка продуктивности орошения при различной технике полива // Экономический вестник Узбекистана. - 2001. - № 9

4. Справочник гидротехника ширкатных хозяйств и ассоциаций водопользователей. – Ташкент: Укитувчи, 2000. – 126 с.

5. Тарасов В.Л. Работа с базами данных в среде Access. - Нижний Новгород, 2005. – 162 с.

УДК 532.5:627.4

# РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ГИДРАВЛИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ РУСЛА Р. АМУДАРЬЯ В УСЛОВИЯХ ЗАРЕГУЛИРОВАННОГО СТОКА ВОДЫ

***Х.А. Исмагилов, И.А. Ибрагимов***
*(НИИИВП при ТИИМ)*

Рекомендации составлены на основании изучения изменения гидравлических параметров и русла в условиях зарегулированного стока воды р. Амударья. В результате изучения получены новые расчетные зависимости для условий зарегулированного стока воды. Ниже дается порядок расчета гидравлических параметров русла реки.

При составлении проектов гидротехнических сооружений (руслорегулировочных, защитных и др.) на реках производится гидравлический расчет русел рек.

Гидравлическим расчетом необходимо установить ширину русла, средние и максимальные глубины потока, средние и максимальные скорости, радиус кривизны русла и другие параметры.

Гидравлический расчет включает два этапа:

1-й этап – сбор и первичная обработка исходных данных (определение расчетного расхода необходимой обеспеченности, установление гранулометрического состава наносов, установление среднего продольного уклона русла).

2-й этап – непосредственно гидравлические расчеты ширины русла, средней и максимальный глубины потока, средней и максимальный скорости потока, радиус кривизны русла и других показателей.

В процессе выполнения первого этапа расчетный расход обеспеченности устанавливается по нормативному документу. Измерением в натурных условиях определяют продольный уклон русла, гранулометрический состав наносов.

При выполнении второго этапа, используя полученные нами новые расчетные зависимости для зарегулированного условия стока воды, устанавливаются гидравлические параметры русла:

Ширина русла по формуле [1]:

$$B = 10\left(\frac{Q}{\sqrt{gi}}\right)^{0,37} d^{0,075} \qquad (1)$$

Средняя глубина потока по формуле:

$$H_{cp} = 200\left(\frac{Q}{\sqrt{gi}}\right)^{0,15} d^{0,625} \qquad (2)$$

где $Q$ - расчетный расход 5-10 обеспеченности, м$^3$/с;
$i$ - продольный уклон русла;
$d$ - средний диаметр донных наносов, м;
$B$ - ширина русла, м;

$H$ - средняя глубина потока, м.

Максимальную глубину потока на прямолинейном участке русла можно принять в пределах:

$$H_{\max} = (1{,}2 - 1{,}4) H_{ср} \tag{3}$$

Средняя по сечению скорость потока определяется по формуле:

$$V_{ср} = \frac{Q}{\omega} = \frac{Q}{B \cdot H} \tag{4}$$

Максимальная поверхностная скорость принимается в пределах:

$$V_{\max} = (1{,}2 - 1{,}4) V_{ср} \tag{5}$$

Радиус кривизны геометрической оси потока на криволинейном участке реки можно установить по формуле [2]:

$$R = 150 \frac{Q^{0,35} \cdot d^{0,125}}{(\sqrt{gi})^{0,35}} \tag{6}$$

где $Q$ - расход 60-75 % обеспеченности, м$^3$/с.

На особо опасных местах необходимо устраивать шпоры из местного грунта с укреплением обеих сторон откоса и оголовка камнями (рис.1).

Гидравлическим расчетом шпоры устанавливаются следующие величины:

- максимальная глубина размыва у оголовка сооружений;
- длина шпоры;
- ширина сооружения по верху;
- расстояния между шпорами;
- угол расположения сооружения к потоку.

Максимальная глубина размыва на основании натурных данных по р. Амударья составляет 15 м.

Длина шпоры принимается - 10-30 м.

Ширина шпоры по верху принимается – 8-10 м.

Коэффициент заложения откоса и креплений принимается равным m=1,0

Расстояние между шпорами устанавливается по формуле Х.А. Исмагилова [3]:

$$L = \frac{L_ш}{tg(\beta + \varphi)} \tag{7}$$

где $L_ш$ – длина шпоры;

$\beta$ = (0-30$^0$) – вероятный угол свала потока;

$\varphi$ = (8-10$^0$) – угол растекания потока.

Для облегчения расчета в табл. 1 приведены значения расстояния в (м) между шпорами, полученные на основании формулы (7) для различной длины шпоры и угла свала потока.

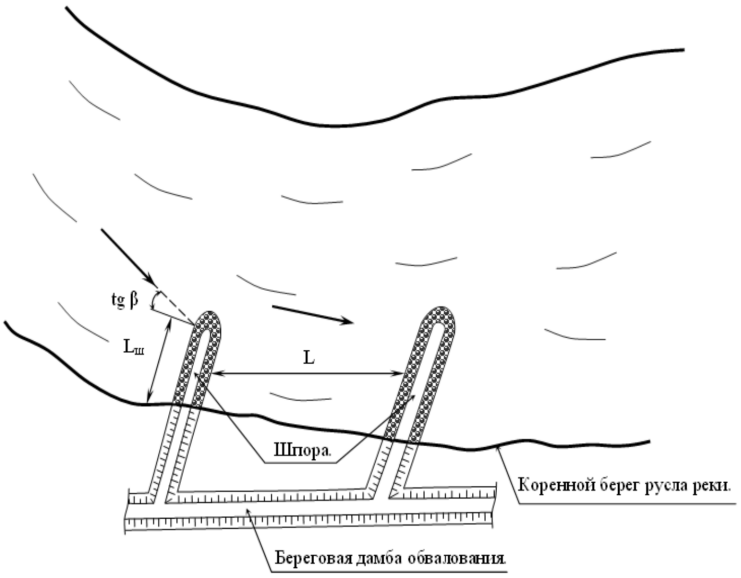
Таблица 1 - Значение расстояния между шпорами

| Длина шпоры, м | $tg(\beta + \varphi)$ | | |
|---|---|---|---|
| | $9^0$ | $19^0$ | $29^0$ |
| 10 | 65 | 30 | 15 |
| 20 | 125 | 59 | 36 |
| 30 | 190 | 89 | 55 |

Крупность камня для креплений должна быть разного диаметра - от 0,3 до 1,0 м. Толщина крепления должна быть не менее 1,5 м, при среднем диаметре камня 0,5 укладыванием камня в 3 слоя.

В заключение можно отметить, что приведенные рекомендации целесообразно использовать для гидравлического расчета зарегулированных русел рек при проведении защитных

регулировочных мероприятий и улучшения пропускной способности русла реки Амударья.




*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Исмагилов Х.А, Ибрагимов И.А. Гидроморфологические зависимости русел рек в условиях зарегулированного стока воды // Проблемы механики. – 2011. - № 1. - С. 35-37.

2. Ибрагимов И.А. Морфологические параметры на криволинейном участке реки в условиях зарегулированного стока воды // Проблемы механики. – 2013. - № 1. - С. 65-68.

3. Исмагилов Х.А. Селевые потоки, русловые процессы, противоселевые и противопаводковые мероприятия в Средней Азии. - Ташкент, 2006. – 262 с.

УДК 532.543:627.4

# О ДИНАМИКЕ ИЗМЕНЕНИЯ МУТНОСТИ ПОТОКА ПО ДЛИНЕ В ЗОНЕ ВЫКЛИНИВАНИЯ ПОДПОРА В ВОДОХРАНИЛИЩАХ И РУСЛАХ РЕК

***Х.А. Исмагилов, М.Т. Сайидов***
*(НИИИВП при ТИИМ)*

*Article is devoted studying dynamics change of stream turbidity on length a pinching-out stream section in water reservoirs and river channels. Receipt new formulas for definition stream turbidity and hydraulic fineness of sediments for these sections. Below in article is shown results of the made researches on studying character of hydraulic fineness of sediments on the section line Dargan-Ata of the Amu Darya river.*

*Статья посвящена изучению динамики изменения мутности потока по длине в зоне выклинивания подпора в водохранилищах и руслах рек. Получены новые формулы для определения мутности потока и гидравлической крупности наносов в этой зоне. В статье приводятся результаты проведенных исследований характера гидравлической крупности наносов по створу Дарган-Ата реки Амударья.*

Как известно, в настоящее время в некоторых руслах рек и расположенных на них русловых водохранилищах наблюдается заиление русла. Основной причиной этого процесса является заиление дна русла вследствие чрезмерного увеличения мутности потока воды и осаждения наносов. Заиление дна приводит к размыванию берегов, паводкам, негативно влияет на стабильную эксплуатационную деятельность гидротехнических сооружений.

Создание водохранилищ в русле реки вызывает подпор воды. В верхнем бьефе в результате подпора образуется две зоны: 1-я зона – Зона водохранилища; 2-я зона – Зона выклинивания подпора воды, русловая зона. Подпор воды оказывает влияние на поток в виде уменьшения

скорости потока и осаждения наносов, а также уменьшения мутности потока по длине, как в зоне водохранилища, так и в зоне выклинивания подпора.

В частности, изменение мутности потока по длине С.Х. Абальянцем [1] выражается следующим образом:

$$S_x = S_T + \left( S_0^{-} - S_T \right) exp \left\{ - \frac{w_x}{q} \Delta x \right\}$$

где: q -погонный расход;

$S_O$ -мутность в начале рассматриваемого участка;

$S_T$ -транспортирующая способность потока;

$W_X$ -изменение гидравлической крупности наносов.

Для отдельных фракций наносов расчетная зависимость для изменения мутности по длине потока А.В. Караушевым [2] представлена в следующим виде:

$$S_{кон} = S_{Tp} + \left( S_{кон} - S_{Tp} \right) exp \left\{ - \frac{B\left( w_i + K_i \right)}{Q} \Delta x \right\}$$

где: Ki -коэффициент пропорциональности, приобретающий особое численное значение для каждой фракции.

Для случая, когда заиление происходит постоянно, формула для расчета изменения мутности по длине А.В. Караушевым [2] дается в следующем виде:

$$S_x = S_0 exp \left\{ - \frac{w_x}{q} \Delta x \right\}$$

На основе краткого анализа можно отметить, что предложенные различными авторами формулы для расчета распределения мутности потока по длине, в основном, даются для участка реки свободной зоны течения потока.

Осаждение наносов и уменьшение мутности потока по длине в зоне выклинивания подпора можно выразить через уравнение баланса наносов. Составление уравнения баланса наносов ведется следующим образом: Выделятся участок водохранилища длиной $\Delta x$, ограниченной двумя створами (рис. 1).

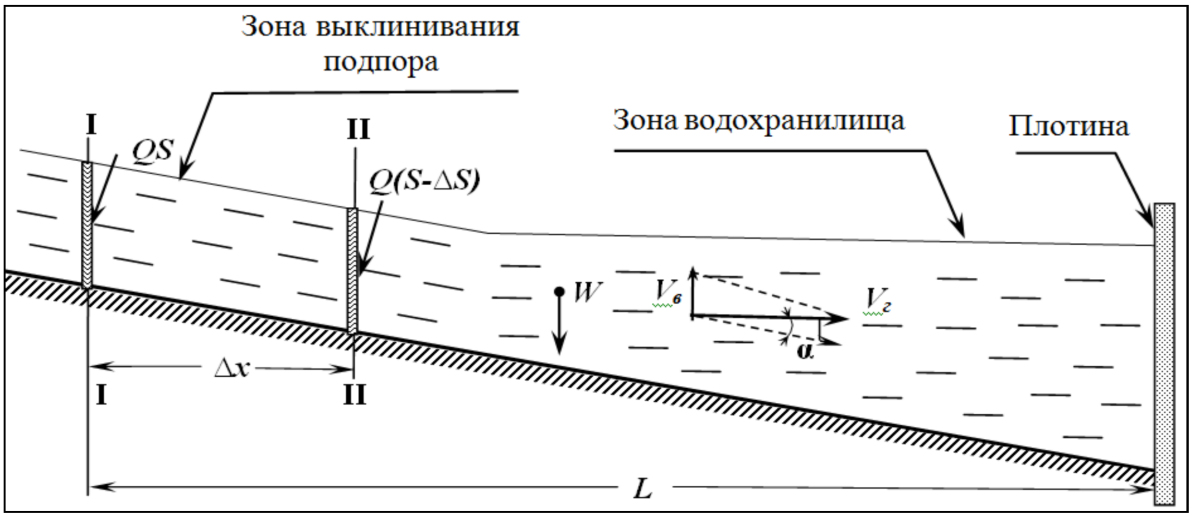



*Рис. 1 - Схема расчета видоизменения мутности потока по длине водохранилища*

Расход наносов через начальный створ составляет $QS$ ($Q$ - расход воды, м$^3$/с; $S$ - средняя объемная мутность), через конечный створ расход наносов составит $Q(S - \Delta S)$, где $\Delta S -$ уменьшение мутности потока по длине $\Delta x$ за счет осаждения наносов. Средний расход осаждающихся наносов на единицу площади дна на участке длиной $\Delta x$ выражается через $q$. Учитывая вышеизложенное, полный расход осаждающихся наносов на рассматриваемом участке

составит $q\Delta xB$, где $B$ - средняя ширина русла реки на участке длиной $\Delta x$.

Уравнение баланса наносов будет иметь следующий вид:

$$QS = Q(S - \Delta S) + q\Delta xB \quad (1)$$

откуда:

$$Q\Delta S = q\Delta xB \quad (2)$$

или в дифференциальной форме:

$$QdS - qBdx = 0 \quad (3)$$

Входящий в уравнения секундный расход осаждения наносов приближенно может быть принят равным:

$$q = (W - V_в)S \quad (4)$$

где: $W$- гидравлическая крупность наносов или скорость осаждения наносов в стоячей воде, мм/с (рис. 1).

Вертикальную составляющую скорости потока можно установить по формуле:

$$V_в = V \sin \alpha = iV \quad (5)$$

где: $V$ - средняя скорость потока;
α - угол наклона движения потока;
$i$ - скоростной уклон.
При равномерном движении потока скоростной уклон равен геометрическому.
Подставляя (4) и (5) в (3) получим:

$$QdS - (W - iV)SBdx = 0 \quad (6)$$

Уравнение (6) является дифференциальным уравнением изменения мутности по длине водохранилища. Интегрирование уравнения (6) имеет некоторые особенности, зависящие от морфологического строения русла и гидравлического параметра потока.

Для водохранилища особенностями являются изменение морфологического строения русла и гидравлического парамера потока по длине. Эти изменения параметров по длине принимаются линейными и, в соответствии с этим, можно получить:

1. Изменение средней глубины потока по длине:

$$H_X = H_H + (H_K - H_H)\frac{x}{L} \quad (7)$$

2. Изменение уклона водной поверхности по длине:

$$i_X = i_H - (i_H - i_K)\frac{x}{L} \quad (8)$$

3. Расширение русла по длине:

$$B_X = B_H + (B_K - B_H)\frac{x}{L} \quad (9)$$

4. Сужение русла по длине:

$$B_X = B_H - (B_H - B_K)\frac{x}{L} \quad (10)$$

5. Поток имеет разнофракционный состав наносов.

Для расчета принимается средневзвешенное значение гидравлической крупности наносов ($W_{ср}$). Изменение средневзвешенного значения гидравлической крупности наносов по длине принимается равным изменению средней скорости потока.

$$\frac{W_{ср.x}}{W_{ср.о}} = \frac{V_X}{V_H} \qquad \text{откуда} \qquad W_{ср.x} = \frac{W_{ср.о} V_X}{V_H} \tag{11}$$

В зависимостях (7)-(11) приняты следующие обозначения:

$H_н$, $i_н$, $B_н$, $V_н$ - средняя глубина, уклон, ширина и скорость потока в начале участка,;
$H_к$, $i_к$, $B_к$, $V_к$ - средняя глубина, уклон, ширина и скорость потока в конце участке, соответственно;
L - общая длина участка;
X - длина участка от начала до рассматриваемого створа.

Подставляя (7)-(11) в (6) и осуществляя некоторые преобразования, получим:

$$\frac{dS}{S} = \frac{W_H L}{V_H\left(LH_H + (H_K - H_H)x\right)}dx - \frac{Li_H}{LH_H + (H_K - H_H)x}dx + \frac{(i_H - i_K)x}{LH_H + (H_K - H_H)x}dx \tag{12}$$

Интегрирование (12) дает:

$$S_x = S_o exp - \frac{1}{H_K - H_H}\left\{\frac{LW_H}{V_H}\ln\frac{LH_H + (H_K - H_H)x}{LH_H} - \left[Li_H \ln\frac{LH_H + (H_K - H_H)x}{LH_H} - (i_H - i_K)\left(x - \frac{LH_H}{H_K - H_H}\ln\frac{LH_H + (H_K - H_H)}{LH_H}\right)\right]\right\} \tag{13}$$

Из уравнения (13) можно получить:

$$W_H = \ln\frac{S_x}{S_o} \cdot \frac{V_H (H_K - H_H)}{L \ln\frac{LH_H + (H_K - H_H)x}{LH_H}} + i_H V_H - \frac{(i_H - i_K)x V_H}{L \ln\frac{LH_H + (H_K - H_H)x}{LH_H}} + \frac{(i_H - i_K)H_H V_H}{H_K - H_H}$$

$$W_H = V_H\left\{\ln\frac{S_x}{S_o} \cdot \frac{H_K - H_H}{L \ln\frac{LH_H + (H_K - H_H)x}{LH_H}} + i_H - \frac{(i_H - i_K)x}{L \ln\frac{LH_H + (H_K - H_H)x}{LH_H}} + \frac{(i_H - i_K)H_H}{H_K - H_H}\right\} \tag{14}$$

По уравнению (13) можно установить динамику изменения мутности потока между створами при наличии данных по гидравлическому элементу потока и гидравлической крупности наносов, а также уравнению (14) можно установить значения гидравлической крупности наносов в начале русла при наличии данных по гидравлическому элементу потока и изменении мутности потока по длине.

Для оценки достоверности полученных уравнений (14) были использованы данные гидрологических станций Дарган-Ата и Туямуюн, в верхнем течении р. Амударья в зоне Туямуюнского водохранилища.

*Гидрологическая станция Дарган-Ата* – расположена в 160 км вверх от Туямуюнского водохранилища на участке Тупроккалинское массива. Наблюдается выклинивание подпора потока в этой зоне [3].

*Гидрометрическая станция Туямуюн* – действует с 1924 г. Гидроствор Туямуюн

расположен в 450 км от Аральского моря и на 1,8 км ниже плотины Туямуюнского водохранилища. Станция расположена в теснине. Русло реки устойчивое, несколько изогнутое в плане. Берега скалистые, дно реки каменистое. Гидропост находится в створе станции. Выше и ниже гидроствора русло подвержено деформации. Ширина реки на этом гидростворе 800-850 м [3].

По данным измеренных расходов воды этих станций за 1991 г. были подсчитаны среднемесячные показатели параметров русла и потока (табл. 1)

Таблица - Результаты расчета среднего значения гидравлической крупности наносов по створу Дарган-Ата

| Месяцы | | Данные гидроствора Дарган-Ата (среднее значение параметров по месяцам) | | | | | | | | Расчетная |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $Q_н$ ($м^3/с$) | $S_н$ ($кг/м^3$) | $S_к$ ($кг/м^3$) | $V_н$ (м/с) | $H_н$ (м) | $H_к$ (м) | $I_н$ ($^0/_0$) | $I_к$ ($^0/_0$) | W (мм/с) |
| 1991 г | январь | 745 | 1,64 | 0,028 | 0,96 | 3,3 | 14,39 | 0,00011 | 0,0001 | 0,000190 |
| | февраль | 521 | 2,1 | 0,022 | 0,96 | 2,08 | 14,02 | 0,00011 | 0,0001 | 0,000174 |
| | март | 346 | 1,23 | 0,031 | 0,81 | 1,66 | 9,21 | 0,000092 | 0,000082 | 0,000116 |
| | апрель | 991 | 3,3 | 0,14 | 1,09 | 1,96 | 5,38 | 0,000086 | 0,000076 | 0,000142 |
| | май | 1488 | 3,7 | 0,17 | 1,17 | 2,45 | 6,27 | 0,00009 | 0,00008 | 0,000168 |
| | июнь | 2570 | 4,21 | 0,038 | 1,36 | 2,8 | 12,03 | 0,000078 | 0,000068 | 0,000206 |
| | июль | 2270 | 4,7 | 0,017 | 1,29 | 3,03 | 11,18 | 0,00007 | 0,00006 | 0,000184 |
| | август | 1605 | 0,86 | 0,17 | 1,14 | 2,84 | 5,19 | 0,000076 | 0,000066 | 0,000160 |
| | сентябрь | 1410 | 2,93 | 0,42 | 1 | 2,75 | 3,79 | 0,000095 | 0,000085 | 0,000163 |
| | октябрь | 956 | 1,48 | 0,056 | 0,97 | 2,7 | 6,48 | 0,00013 | 0,00012 | 0,000181 |

Используя данные таблицы и графика по уравнению (14) были рассчитаны значения гидравлической крупности наносов для каждого измеренного расхода воды по месяцам. Как видно из табл. 1, подсчитанные значения гидравлической средневзвешенной крупности наносов для гидроствора Дарган-Ата составляют от 0,000116 до 0,0002 мм/с. Анализ показал, что измеренные данные гидравлической крупности наносов по гидроствору Дарган-Ата близки к расчетным.

*ВЫВОД.* В заключение можно отметить, что с учетом данных изменений поперечного и продольного профиля русла и значений средневзвешенной гидравлической крупности наносов по длине было решено уравнение баланса наносов и получена расчетная зависимость (14) для установления динамики изменения мутности потока по длине русла. Сопоставление расчетных значений изменения мутности по длине русла с измеренными данными дали удовлетворительные результаты. Полученную расчетную зависимость (14) рекомендуется использовать при расчетах объема заиления в зоне выклинивания подпора водохранилища.

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Абальянц С.Х. Устойчивые и переходные режимы в искусственных руслах. – Л., Гидрометеоиздат, 1981. -240 с.

2. Караушев А.В. Теория и методы расчетов речных наносов. – Л., Гидрометеоиздат, 1977. -288 с.

3. Исмагилов Х.А. Селевые потоки, русловые процессы, противоселевые и противопаводковые мероприятия в Средней Азии. - Ташкент, 2006. -261 с.

УДК 626.82

# К ВЫБОРУ ТРАССЫ НОВОГО КАНАЛА ПЕРЕБРОСКИ АМУДАРЬИНСКОЙ ВОДЫ

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

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

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

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

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

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

*During the preparation of article it was used materials of research report on the Mega project A7-FA-1-15518 of "Developing scientific-methodical base of stable water supply in the Republic of Uzbekistan in the condition of the intensification hydroeconomic situations on Amu Darya transboundary river".*

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

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

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

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

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

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

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




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

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

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

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

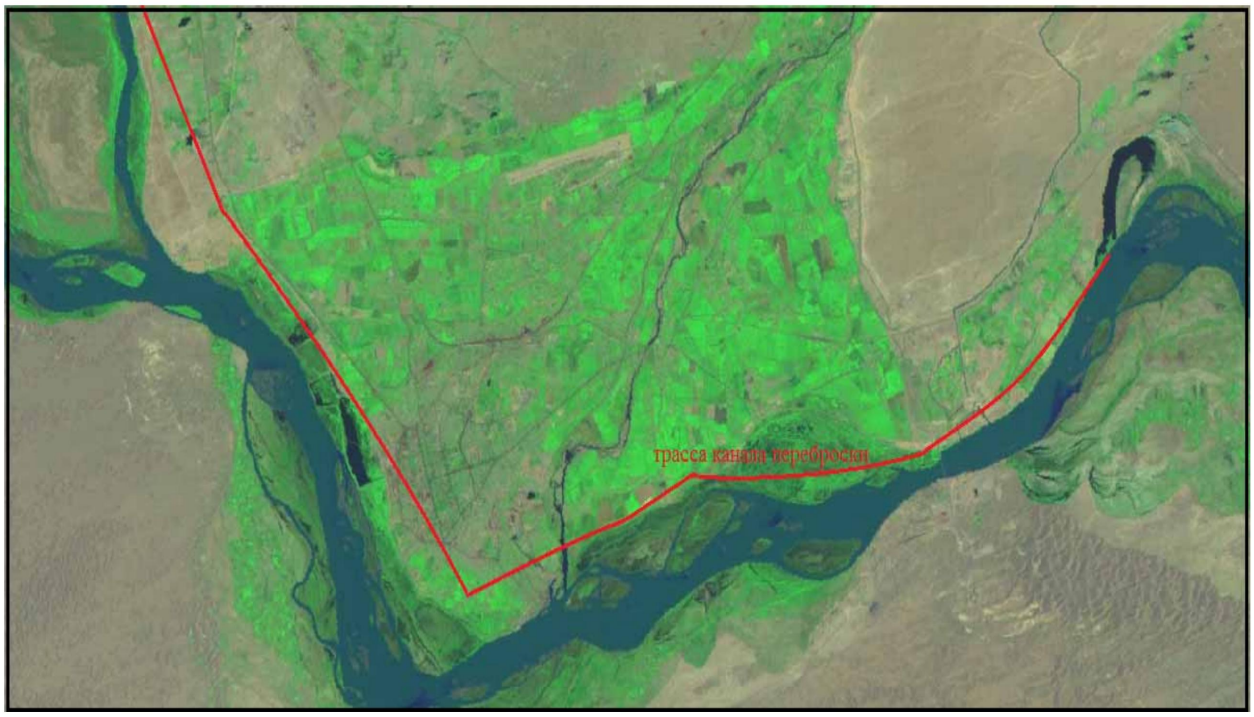



*Рис. 2 - Прохождение трассы канала по территории Сурхандарьинской области*

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

| Наименование пунктов прохождения трассы канала | Отметка поверхности земли | Высота подъема | Расстояние, м |
|---|---|---|---|
| Гульбахор – Долгота $67^0 30'$ | 300 | нет | 25,250 |
| Долгота $67^0 30'$ –Широта $37^0 40'$ | 300 | нет | 24,500 |
| По широте $37^0 40'$ - г. Шерабад | 300 | нет | 40,950 |
| г. Шерабад – Дагана | 400 | 100 | 8,05 |
| Дагана – Широта $37^0 58'$ | 500 | 100 | 24,500 |
| Широта $37^0 58'$ – Пограничная стена (Бронзовый век) | 600 | 100 | 28,70 |
| Пограничная стена – Кичик Урадарья | 1000 | 400 | 18,550 |
| Итого, длина канала | | | 114,425 |

Преимущество варианта водоподачи с помощью насосных станций:

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

Недостатки:

- Строительство нового каскада насосных станций для подачи воды от канала переброски до водохранилища в Бойсунтоге и до р. Кичик Урадарья;

- Сложные горно-геологические условия для создания каскада насосных станций;

- Необходимость строительства множества туннельных водопропускных сооружений до водохранилища в ущелье, до Тадимарджанского водохранилища и до р. Кичик.

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

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

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

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

| Наименование пунктов прохождения трассы | Отметка поверхности земли 300 м | Расстояние, м |
|---|---|---|
| Гульбахор – Долгота $67^0 30'$ | 300 | 25,250 |
| Долгота $67^0 30'$ –Широта $37^0 40'$ | 300 | 24,500 |
| По широте $37^0 40'$ - г. Шерабад | 300 | 40,950 |
| г. Шерабад – п. Музрабад | 300 | 29,750 |
| п. Музрабад – граница Туркменистана | 300 | 25,200 |
| Итого, длина канала | | 145,750 |

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




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

Преимущество самотечного варианта водоподачи:

- Канал полностью проходит самотеком;

- Благодаря примыканию канала к напорному бассейну НС-4КМ отпадает необходимость эксплуатации 4-х насосных станций каскада КМК.

Недостатки:

- Канал переброски проходит по территории другого государства - Туркменистана:

- Осложняются условия эксплуатации канала из-за проблем доступа специалистов-эксплуатационников к каналу.

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

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

| № п/п | Наименование пунктов прохождения трассы канала | Расстояние, м |
|---|---|---|
| По территории Туркменистана | | |
| 1. | $38^0 00'$ – Железная дорога (ЖД) | 14850 |
| 2. | ЖД – КМК | 10800 |
| 3. | КМК (Туркменистан) – Граница Кашкадарья | 31500 |
| 4. | Нишанский район – граница Туркменистана | 30600 |
| 5. | Миришкарский район: | |
| 6. | Южный коллектор - правая ветка А | 6750 |
| 7. | Правая ветка А – средняя ветка | 10800 |
| 8. | Средняя ветка – левая ветка | 9000 |
| 9. | Левая ветка А- левая ветка Б | 7200 |
| 10. | Левая ветка Б - коллектор Ходжамубарек | 33750 |
| 11. | коллектор Ходжамубарек – Северный коллектор | 14850 |
| Бухарская область | | |
| 12. | Канал Хитой – п. Утрар | 12600 |
| 13. | п. Утрар – канал Зарбулак | 13050 |
| 14. | Канал Зарбулак – Караулбазарский магистральный канал (Бухарская область) | 22500 |
| 15. | Длина канала от $38^0 00'$ до Караулбазара АБМК | 218,250 |

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

Таблица 5 - Параметры канала переброски

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

**Выводы и рекомендации**

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

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

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

УДК:621.65(224)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1) Струйные насосы полностью заменят все лопастные насосы и будут работать весь вегетационный период;

2) Струйные насосы будут использоваться как аварийные, например, только во время отключений электроэнергии, а в основное время откачку дренажных вод будут осуществлять лопастные насосы.

***1. Вариант***

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

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

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

Полная мощность $N^{стр}_{полная} = \dfrac{N^{стр}_{пол}}{\eta} = 65{,}4 \div 147{,}13$ кВт.

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

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

Полная мощность $N^{лоп}_{полная} = \dfrac{N^{лоп}_{пол}}{\eta} = 19{,}62 \div 44{,}14$ кВт.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Комплексное обследование и техническая диагностика насосной станции «Кизилтепа 2»: Отчет / Госинспекция «Госводхознадзор». - Ташкент, 2010. – 87 с.

2. Лямаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки.- Л.: Машиностроение, 1988. – 256 с.

3. Хохлов В.А., Хохлов А.В., Титова Ж.О. Регулирование режимов работы струйных насосов. – Ташкент: Фан ва технология, 2011. – 118 с.

4. Кан Э.К., Хужакулов Н. Анализ внешних отказов на насосной станции «Кизилтепа-2» // Материалы Респ. научно-практ. конф. «Повышение эффективности, надежности и безопасности гидротехнических сооружений» (Ташкент, 13-14 декабря 2012 г.). - 2012. - 255-257 с.

5. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. - М.: Стройиздат, 1976. – 320 с.

УДК 681.121

# ТРАЕКТОРИЯ ДВИЖЕНИЯ ЗВУКА В УЛЬТРАЗВУКОВЫХ РАСХОДОМЕРАХ ВОДЫ

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

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

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

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

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

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

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

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

В задаче используются следующие системы координат (СК): $СК_Т$ – связана с распределением скоростей в потоке, который обычно симметричен, $СК_1$ – связана с точкой А с направлениями осей по потоку и перпендикулярна потоку и $СК_{АБ}$ – связана с прямой из точки А в точку Б. – ОХ по АБ, и соответственно У – перпендикулярна АБ.

В $СК_{АБ}$, проекции суммарной скорости будут равны

$$V_X = C*\cos\alpha + V_B*\sin\beta \quad (1)$$

$$V_Y = C*\sin\alpha - V_B*\cos\beta \quad (2)$$

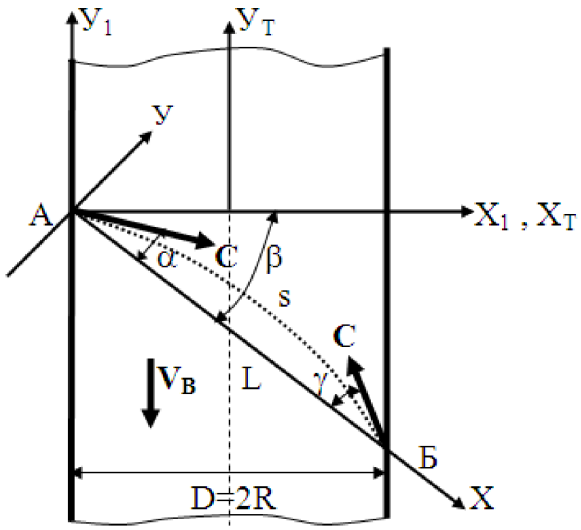



*Рис. 1 - Схема к определению траектории движения ультразвука в воде в механическом приближении*

Из (1) и (2) следует, что координаты движущегося тела в $СК_{АБ}$ Х и У равны

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

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

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

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

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

При этом из проекции скорости звука на ось $OX_1$ непосредственно получаем время прохождения звука из точки А в точку Б по ходу движения воды

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

Соответственно, при движении звука по противоходу с углом вылета γ можем записать

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

Т.к. скорость воды V в общем случае переменна, т.е. является некоторой функцией $X_1$, то для анализа интегралов (5) и (6) сделаем замену переменных по формуле, аналогичной (7)

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

или получим

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

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

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

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

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

Для случая, когда $V_B$ распределено по параболическому закону относительно оси трубы, или, в $СК_1$

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

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

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

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

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

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

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

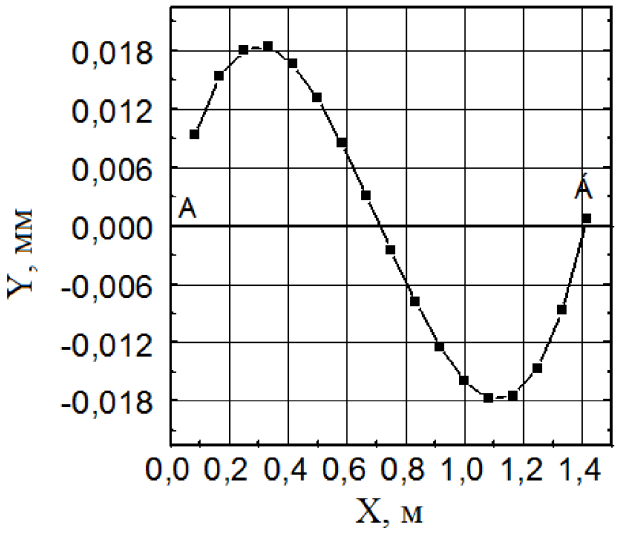



*Рис. 2 - Траектория движения звука в механическом приближении, для параболического распределения скорости движения воды в трубе, для D = 1м и $\beta = 45^0$*

Полученные зависимости могут быть использованы при калибровке ультразвуковых расходомеров.

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Блохинцев Д.И. Акустика неоднородной движущейся среды. - М.: Наука, 1981. – 207 с.

2. Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У. Устройство для измерения распределения расхода воды. Авторское свидетельство № 1789864 от 22.09.1992 г.

УДК 626.814

# МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ МЕЖДУРЕЧЕНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

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

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

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

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

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

***Основные гидравлические характеристики Междуреченского водохранилища***

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

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

56,0 м БС – 110,0 млн м$^3$
57,0 м БС – 140,0 млн м$^3$
57,5 м БС – 150,0 млн м$^3$.

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

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

**Первоочередные мероприятия в зоне Междуреченского водохранилища:**

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

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

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

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

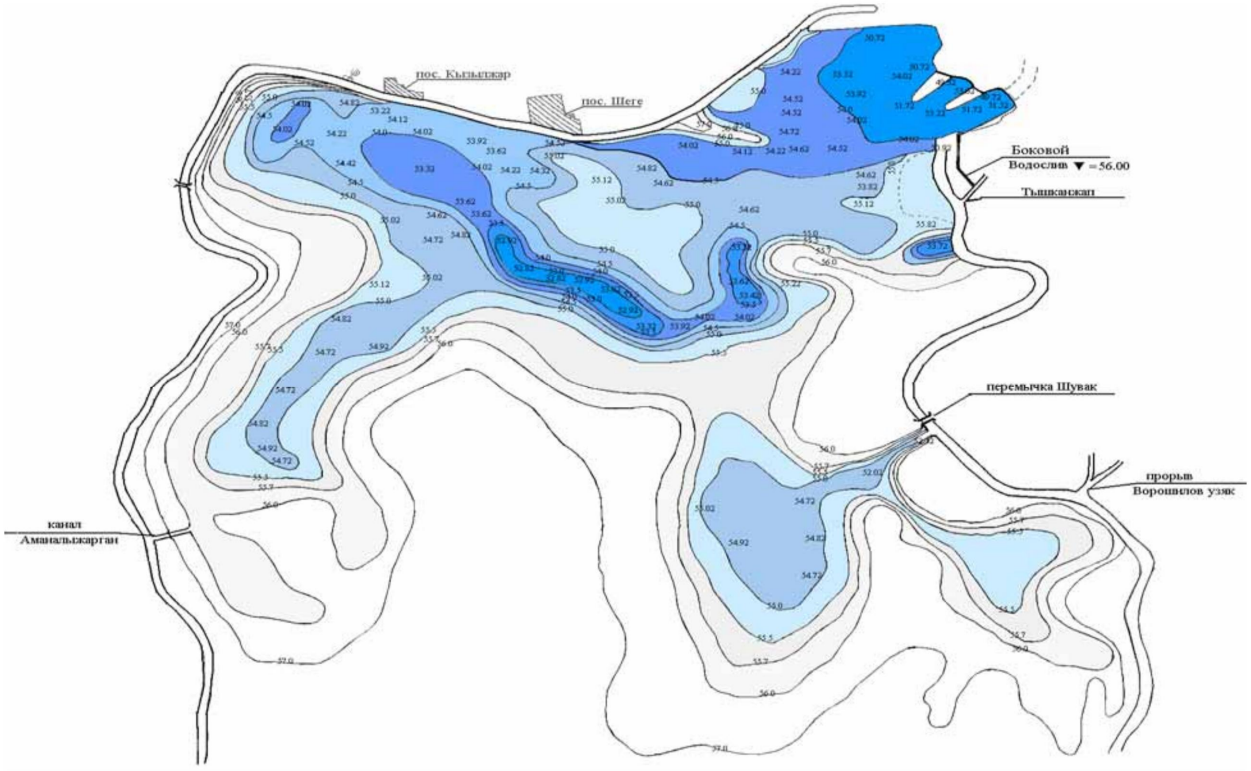



*Рис. 1 – План Междуреченского водохранилища в изобатах*

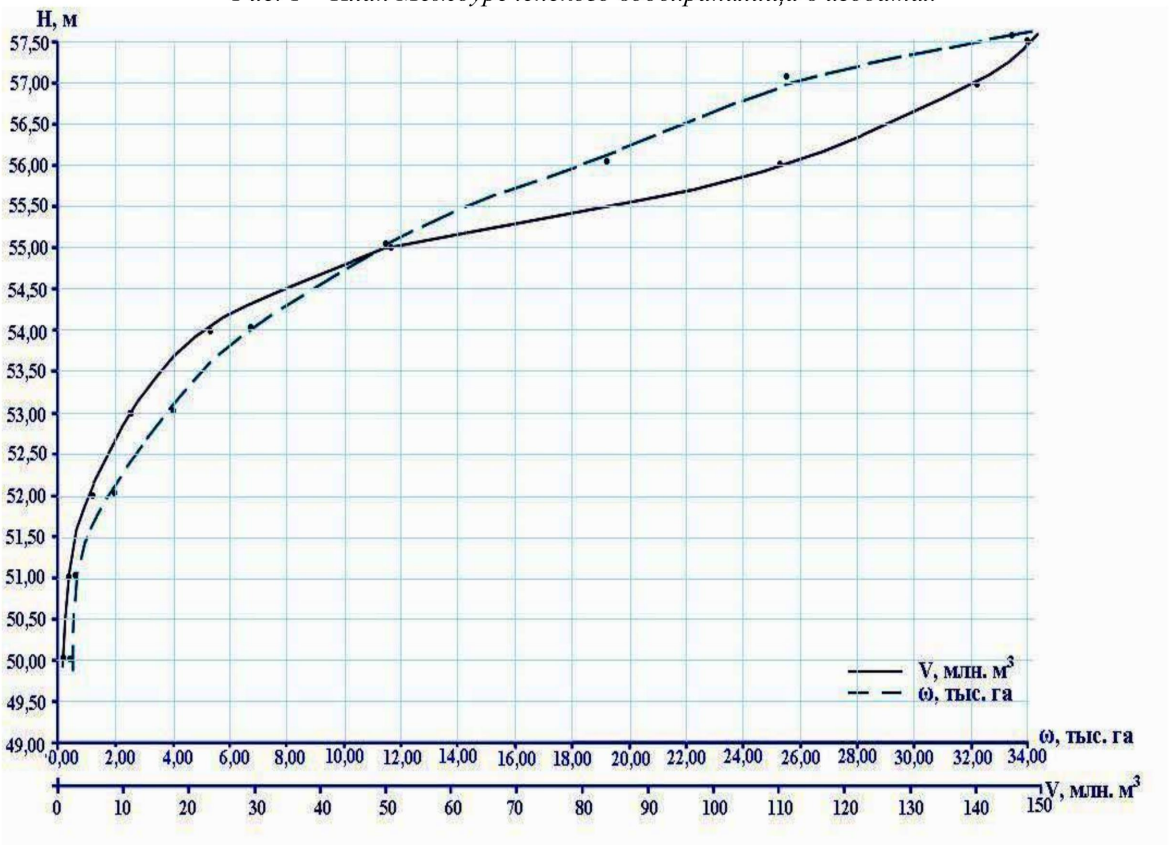



*Рис. 2 – Кривые зависимости V=f(H) и ω=f(H) Междуреченского водохранилища*

Основные мероприятия и предложения по выбору параметров и очередность строительства:

а) выбор основных параметров комплекса Междуреченского водохранилища.

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

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

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

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

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

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

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

б) проведение строительных работ в зоне Междуреченского водохранилища.

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

- завершение строительства Бокового водослива;
- расширение русла II-прорезей;
- реконструкция русла канала Главмясо и, тем самым, увеличение расхода воды в нем до 44 $м^3/с$;
- увеличение водовыпускной способности Рыбачьего залива и, соответственно, повышение подачи воды в русло канала Маринкин Узяк.

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

УДК 631.672.33

# СОЗДАНИЕ МАЛЫХ ЛОКАЛЬНЫХ ВОДОЕМОВ В РЕСПУБЛИКЕ КАРАКАЛПАКСТАН

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

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

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

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

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

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

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

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

Малая емкость-накопитель должна иметь минимальный размер площади 60х400, 60х600, но с максимальной глубиной 5-6 м и объемом 130,0–200,0 тыс. м$^3$ (рис. 1). При этом обеспечиваются экономия площади зеркала воды и минимум затрат на испарение. Эти водоемы можно использовать как накопители воды для повторного использования, т.е. для орошения, так и, одновременно, для разведения рыбы и ондатры.

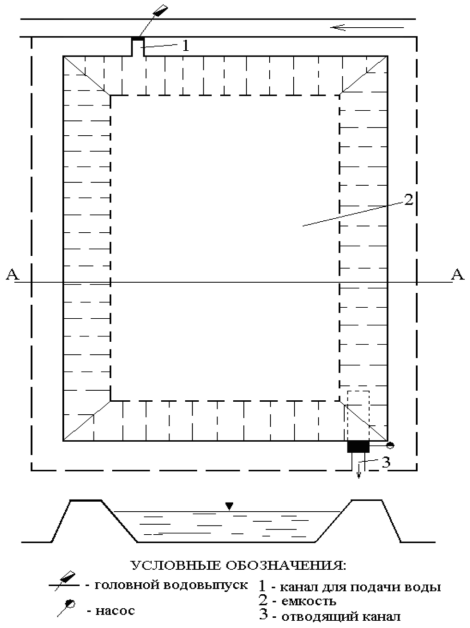



*Рис. 1 – План водоема – накопителя и его поперечный профиль по А-А*

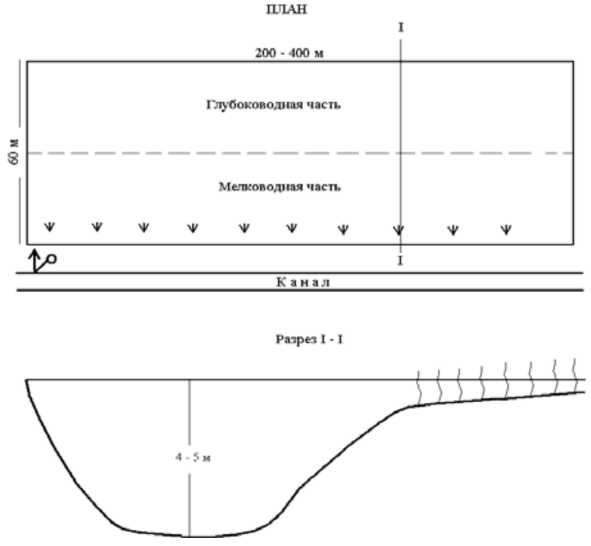



*Рис. 2 – План искусственного пруда с целью повторного использования и разведения рыбы и разрез I-I*

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

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

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

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

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Водоемы низовьев Амударьи / Барханскова Г.М., Павловская Л.П.и др. – Нукус, 1963.

2. Курбанбаев Е.К. Проблема Арала и Приаралья // Материалы Международного семинара «Экологические факторы и здоровье матери/ребенка в регионе Аральского кризиса». - Ташкент: Фан, 2001.

УДК 631.621

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

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

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

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

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

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

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

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

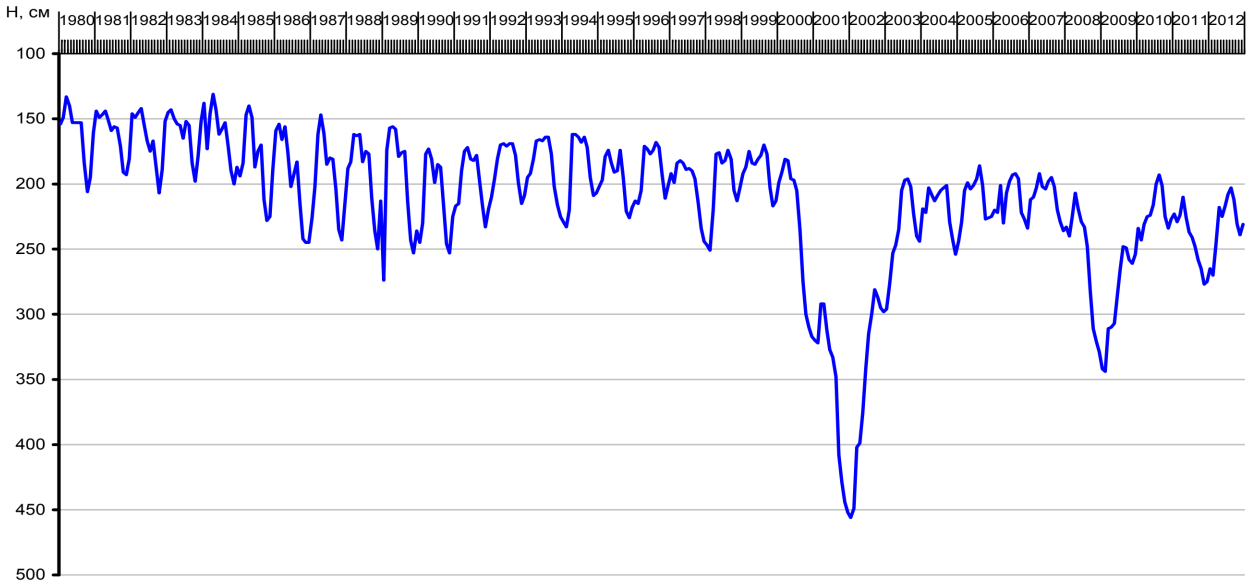



*Рис. 1-График колебания среднемесячных уровней грунтовых вод за период 1980-2012 годы по Республике Каракалпакстан*

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

$$\alpha_n = 1 - \frac{И_г}{И_0}$$

Где: $И_г$ - испарение из грунтовых вод; $И_0$ – испаряемость.

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

$$M_0 = M\alpha_n$$

Где: М – норма водопотребления без учета подпитывания.

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

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

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

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

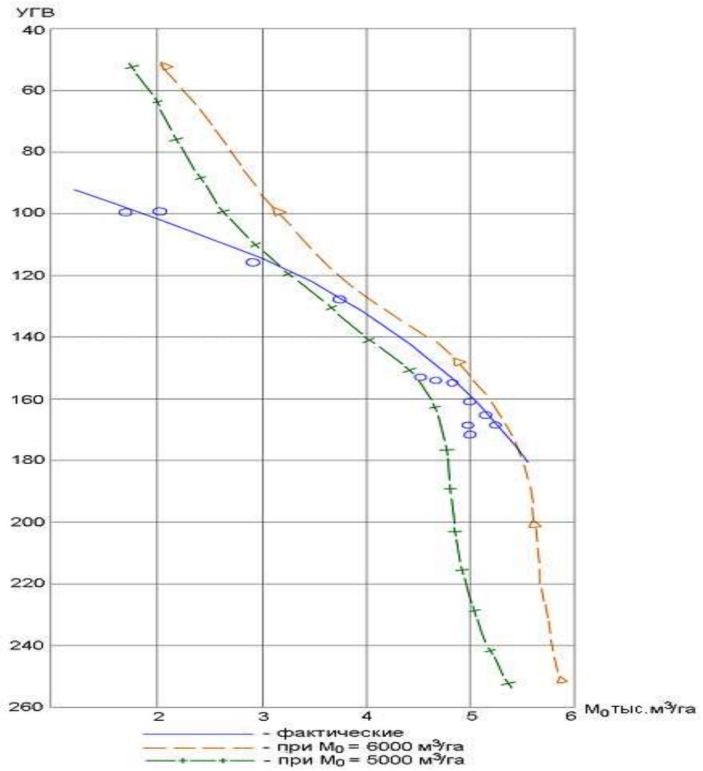



*Рис. 2 – Изменение оросительной нормы при различных значениях уровня грунтовых вод*

Таблица 1 – Изменение уровня грунтовых вод в годы различной водообеспеченности

| Показатели | Среднегодовой УГВ, см | | УГВ за вегетацию, см | | Разница, м | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | см | разница | см | разница | сред.год. $B_1/B_2$ | за вегет. $B_1/B_3$ |
| Многоводный ($B_1$) 2010 г. | 221 | 000 | 210 | 000 | 000 | 000 |
| Средневодный ($B_2$) 2009 г. | 286 | 65 | 277 | 67 | 1,29 | 1,31 |
| Маловодный ($B_3$) 2001 г. | 357 | 136,0 | 336 | 126,0 | 1,61 | 1,60 |

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

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

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

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

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Орошаемое земледелие. – Ташкент: Узбекистан,1965.

2. Вопросы орошения в низовьях Аму-Дарьи: Труды Арало–Каспийской комплексной экспедиции. – М., 1956.

3. Ерхов Н.С., Ильин Н.И. Мелиорация земель. – М., 1991.

УДК 631.67.036.4

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

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

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

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

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

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

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

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

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

а) для воспроизводства рыбы:
- минерализация воды до 5000 мг/л;
- глубина воды 1,5 м;
- допустимая максимальная зарастаемость 25–30 %;
- содержание кислорода не менее 4–5 $O_2$ мг/л;
- pH – 7,0–7,5.

б) для разведения ондатры:
- минерализация воды 1000-3000 мг/л;
- глубина воды 1,5 – 2,0 м;
- колебание уровня воды 30 – 100 см.

в) для сохранения и рационального использования тростниковых зарослей:
- регулярное (или разовое) затопление;
- минерализация воды 3000-20000 мг/л.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

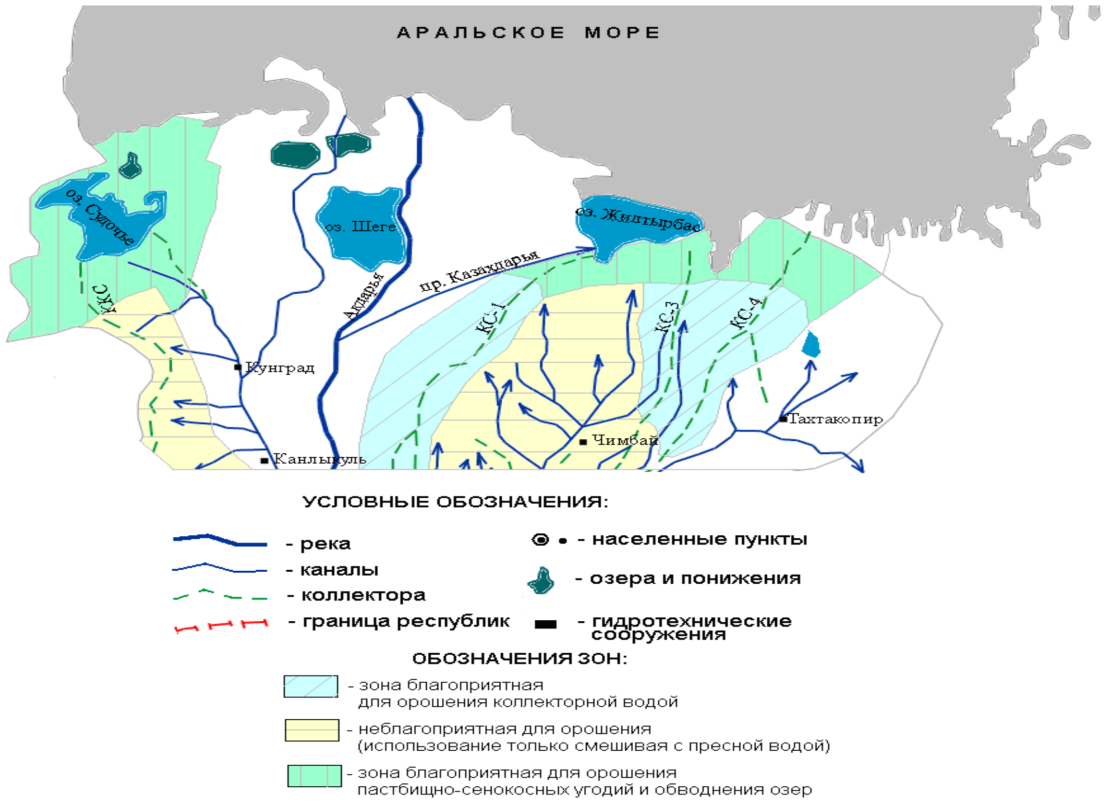



*Рис. 1 - Схематическая карта районирования северной зоны Республики Каракалпакстан по пригодности*

УДК 626.814

# РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА МЕЖДУРЕЧЕНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

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

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

*Первый уровень (современное состояние).*

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

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

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

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

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

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

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

*Установление времени наполнения Междуреченского водохранилища при различных уровнях*

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

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

*Предложения по строительству Бортового водослива*

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

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

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

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

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

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

Что можно ожидать после сдачи в эксплуатацию Бокового водослива:

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

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

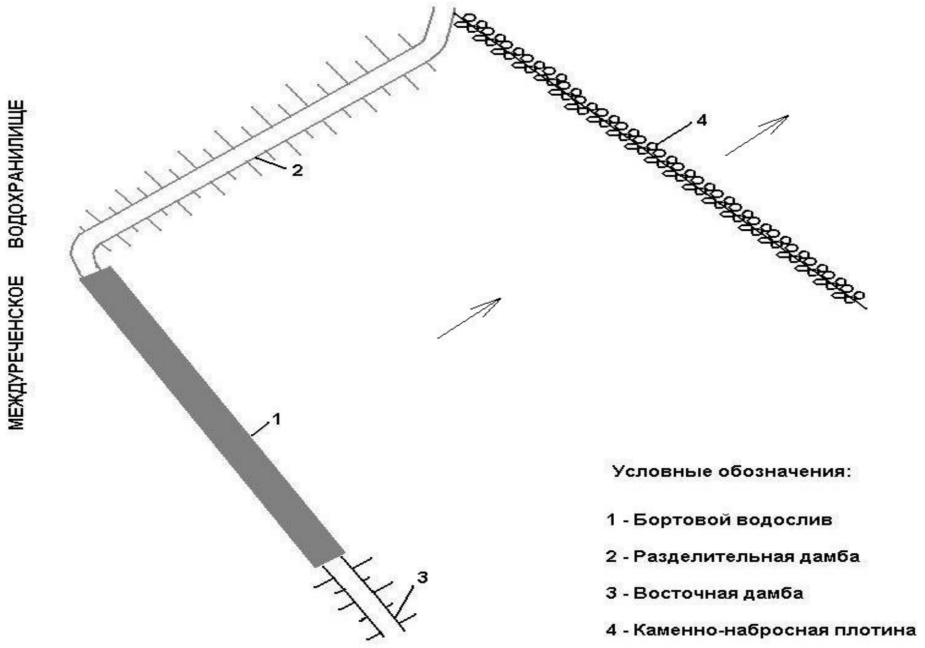



*Рис. 2 - Вариант строительства второго каскада каменно-набросной плотины*

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

Такая компоновка обеспечит надежность и долговечность самого Бокового водослива.

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

Таблица 2 – Время наполнения при различных уровнях выполнения водовыпускных сооружений

при Н = 56,0 120 млн м$^3$
при Н = 57,4 150 млн м$^3$
испарение, первый уровень 25 млн м$^3$

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

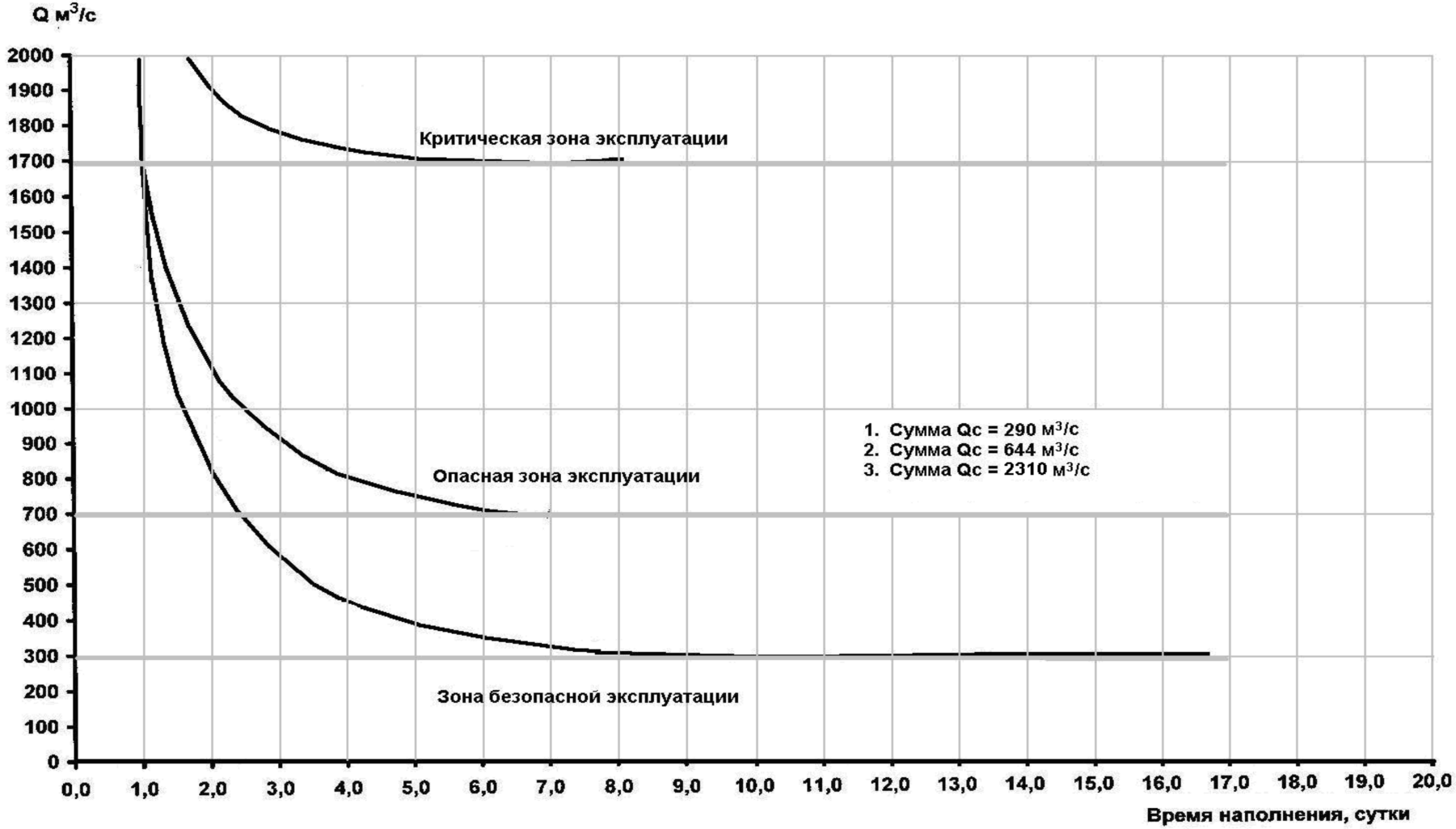



*Рис. 1 - График зависимости t=f(∑Qc)*

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

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

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

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

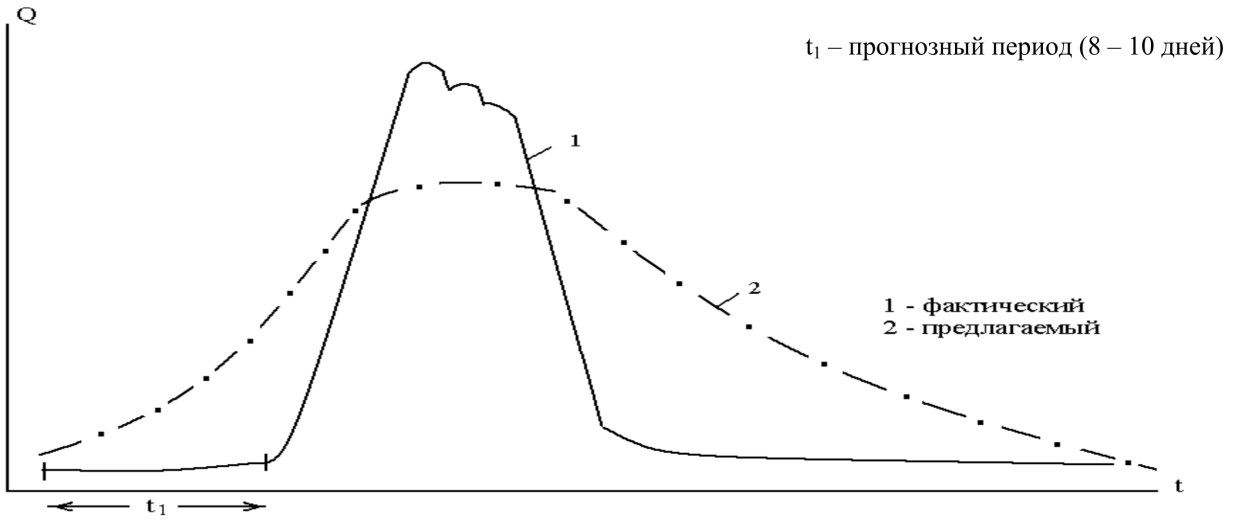



*Рис. 3 – Фактический и предлагаемый режимы работы Туямуюнского водохранилища*

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

*Строительство временного прорыва по существующей дамбе*

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

УДК 621.65

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ МЕЖРЕМОНТНОГО СРОКА СЛУЖБЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

На рис. 1, б представлена динамика увеличения уплотняющих зазоров рабочих колес центробежных насосов марки D6300-80 и 200 D-90. Наиболее интенсивное увеличение зазора от воздействия кавитационно-абразивного щелевого потока происходит в начальные периоды эксплуатации. Максимальная величина зазора после 2000 часов работы насоса составляет 3,1-3,3 мм. Увеличение зазора приводит к снижению водоподачи насосов по сравнению с проектной водоподачей в течение вегетационного периода сельхозкультур.

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

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

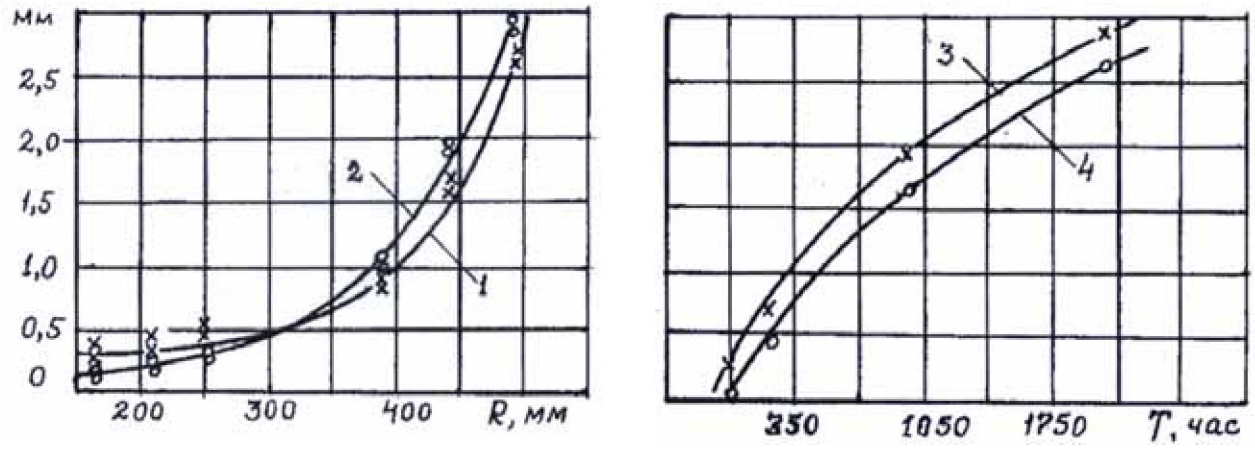



*Рис. 1 - Графики зависимости толщины износа лопастей от радиуса рабочего колеса (а) и величины уплотняющего зазора ее от продолжительности работы (б) центробежных насосов: 1-3-для насоса D6300-80 НС «Дустлик», 2-для насоса D6300-80 НС «Мустациллик», 4-для насоса 200 D-90 НС «Хожабосмон».*

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

$$K_{\text{ПР}} = K_1 \frac{t_э}{t_i} + 9{,}81 \cdot e \cdot H \frac{\sum q_i t_i}{\eta_H \eta_{ДВ} \eta_{\text{ср}} / \eta_0} \qquad (1)$$

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

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

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

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

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

Экстремальные значения кривых $К_{пр}$ =$f_1$(t(+f2(t) будут соответствовать эффективной продолжительности эксплуатации насоса и предельно допустимому радиальному зазору рабочего колеса.

При эскплуатации в течение шести месяцев оптимальный межремонтный срок службы центробежного насоса 200Д-90 составляет $t_о$=810 часов, предельно допустимый зазор S=l,9 мм. Значит, для эффективного использования насоса в течение шести месяцев потребуется ремонт его деталей не менее 3-4 раз.

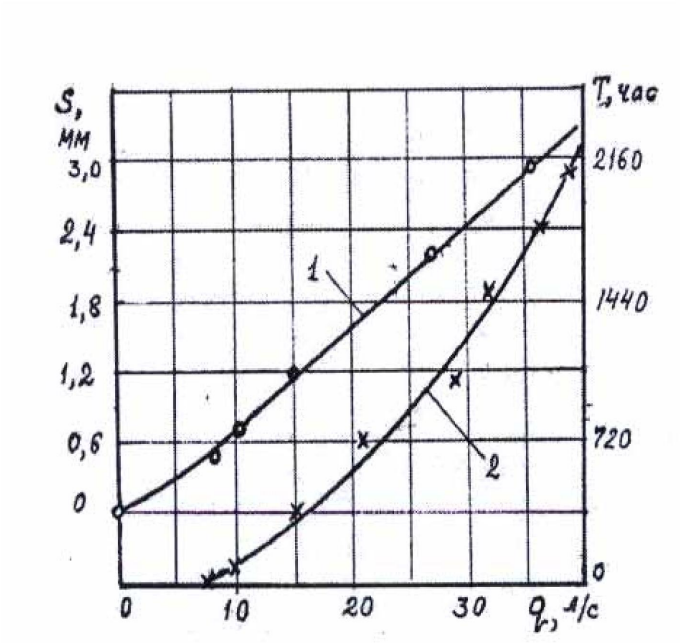



*Рис. 2 – Зависимости увеличения утечки от величины уплотняющего зазора (1) и продолжительности эксплуатации (2) центробежного насоса*

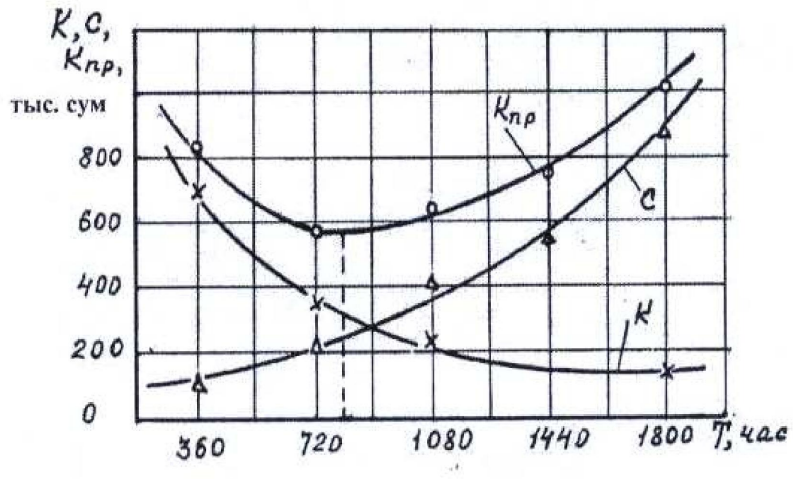



*Рис. 3 – График для определения межремонтного срока службы центробежного насоса*

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

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

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основные расчеты на трение и износ. - М.: Машиностроение, 1977. - 526 с.

2. Хрущов М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. - М.: Наука, 1970. - 373 с.

3. Мамажонов М., Улугходжаев К.Х. Эффективность эксплуатации осевых насосов в оросительных системах // Сельское хозяйство Узбекистана. - 2002. - № 2. - С. 30-31.

УДК 532.5:627.4

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

t=86400 - (1 сутка)

$\mu = 0{,}06$ - ҳисоб бўйича

Q=30 м$^3$/с

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

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

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

Сойдан оққан сувнинг миқдори бир суткада 10 368 000 м$^3$ ташкил қилса, шундан 1 084 717 м$^3$ тош-шағалдан иборат.

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

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

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

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

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

Бу ерда: m – иш шароитини ҳисобга олувчи коэффициент; $n_н$ – зўриқиш коэффициенти; $\gamma_н$ ва $\gamma_0$ – оқим таркибидаги тош-шағалнинг ва сувнинг нисбий оғирлиги, кгК/см$^3$; d – оқим таркибидаги тош-шағалнинг диаметри, м; H – оқим сувининг чуқурлиги, м (2-жадвал).

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

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

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

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

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

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

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

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

*АДАБИЁТЛАР:*


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



УДК 631.67


# ЭКИНЛАРНИ СУҒОРИШ МЕЪЁРЛАРИНИ АНИҚЛАШДА ФАОНИНГ CROPWAT МЕТОДИКАСИНИ ҚЎЛЛАШ


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



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

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

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


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

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

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

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

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

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

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

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

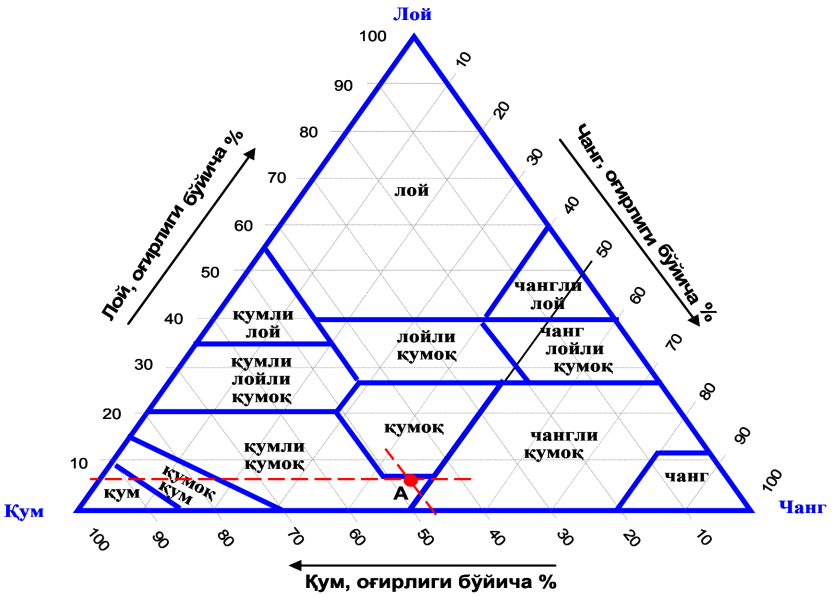
2 жадвал - Тажриба участкаларида экилган экинлар учун ўсув давринг фазалар бўйича муддатлари, экин коэффициенти (Кс), тупроқ намлигини камайиш фракцияси (р) ва унинг етишмаслиги туфайли ҳосил йўқотиш коэффициенти (Ks)

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

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

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

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




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

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

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

3 жадвал - Тадқиқот объектларида экинларни суғориш меъёрлари

*(CROPWAT дастури ёрдамида ҳисобланган)*

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

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

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

5 жадвал - Тадқиқот объектларида экинларни суғориш меъёрларининг натижалари

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

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

*Тавсиялар:*

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

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

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

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

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

*АДАБИЁТЛАР:*

1. Эвапотранспирация растений (Публикации ФАО по ирригации и дренажу, вып. 56). - 2011. - 296 с.

2. Водопотребление сельхозкультур (Публикации ФАО по ирригации и дренажу, вып. 24). - 2010. - 127 с.

3. Беспалов Н. Гидромодульное районирование и режимы орошения сельскохозяйственных культур по Ферганской области / НПО Союзхлопок. – Ташкент, 1986.

УДК 626.844

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

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

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

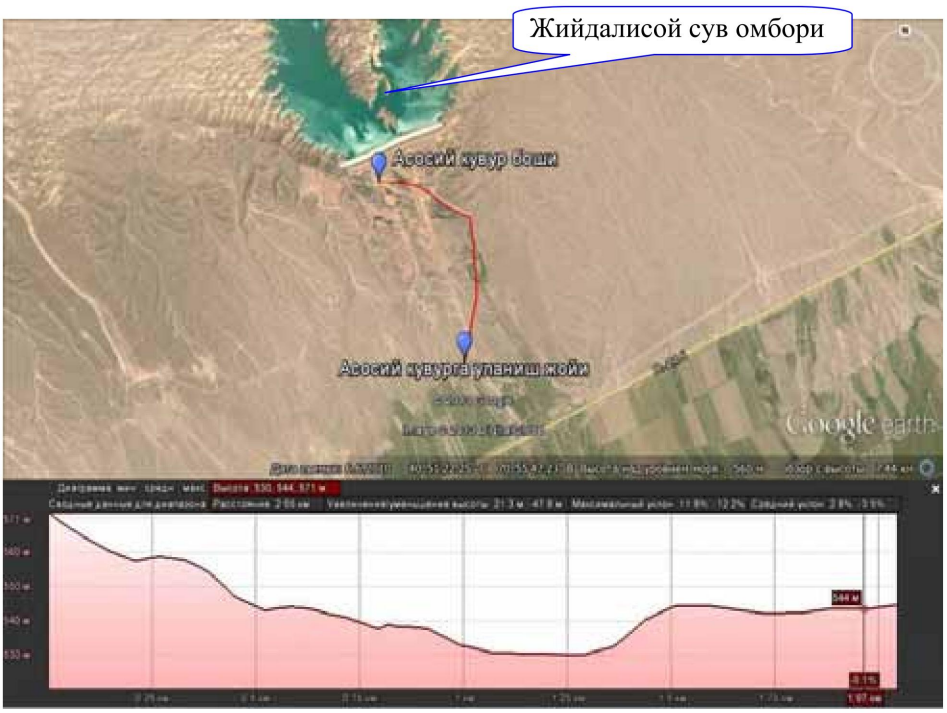
*Рассмотрены и обоснованы возможности использования системы капельного орошения, работающей за счёт естественного напора, формируемого при подаче воды из предгорных водохранилищ на орошаемое поле.*

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

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

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

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




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

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

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

Пўлатдан ясалган қувурларни гидравлик ҳисоб қилиш учун одатда:

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

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

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

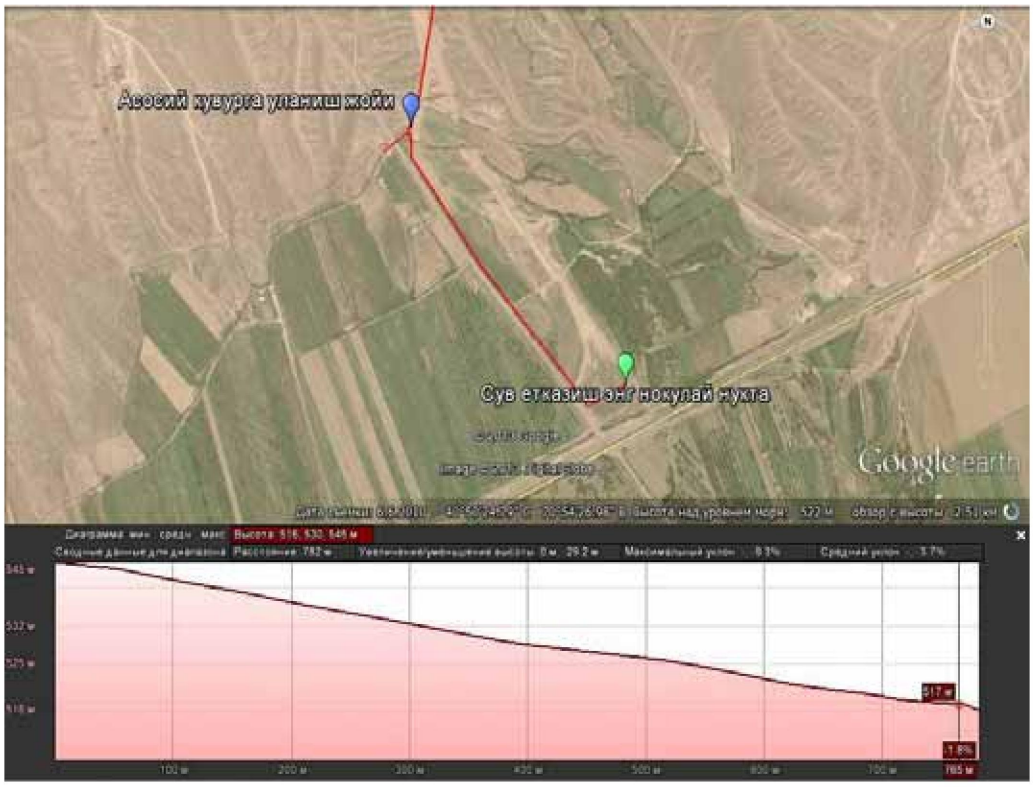
Қувурлар янги бўлмаганда $\frac{\nu}{\upsilon} \le 9{,}2 \cdot 10^{-5}$ бўлса $i = \frac{1}{dp^{0,3}}(1{,}5 \cdot 10^{-6} + \frac{\upsilon}{\nu})^{0,3}$;

бу ерда:
*i* - гидравлик нишаблик;
λ - узунлик бўйича ишқаланиш қаршилиги коэффициенти;
ν – сув оқими тезлиги м/с;
υ – сувнинг кинематик ёпишқоқлик коэффициенти (ҳароратга боғлиқ);
dp- қувурнинг ички диаметри, мм (бу ерда dp = dн-2s-1);
dн- қувурнинг ташқи диаметри, мм;
s- -қувур деворининг қалинлиги, мм
1- қувур деворига ёпишган ётқизиқлар ёки коррозия қалинлиги, мм

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

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

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




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

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

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

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

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

*АДАБИЁТЛАР:*


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



УДК 556.3+631.621


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


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

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



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

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


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

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

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

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

$$q = -\kappa \frac{\partial \theta}{\partial z} S \tag{1}$$

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

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

$$\Delta q_2 = -\kappa \left.\frac{\partial \theta}{\partial z}\right|_{z=z_2} S\Delta t \tag{2}$$

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

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

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

$$\left.\frac{\partial \theta}{\partial z}\right|_{z=z_2} - \left.\frac{\partial \theta}{\partial z}\right|_{z=z_1} \approx \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2}\Delta z - \frac{\Delta z}{\kappa}\frac{\partial u\theta}{\partial z} \tag{4}$$

На основании (3) и (4) получим:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\frac{\nu}{l^2}\frac{\partial\theta}{\partial\tau} + \frac{u}{l}\frac{\partial\theta}{\partial\bar{z}} = \frac{\kappa}{l^2}\frac{\partial^2\theta}{\partial\bar{z}^2} \tag{8}$$

Умножая обе части уравнения на $\frac{l}{u}$ и учитывая $\mathrm{Re} = \frac{ul}{\nu}$ - число Рейнольдса и $Pe = \frac{ul}{\kappa}$ -число Пекле, получим:

$$\frac{1}{\mathrm{Re}}\frac{\partial\theta}{\partial\tau} + \frac{\partial\theta}{\partial\bar{z}} = \frac{1}{Pe}\frac{\partial^2\theta}{\partial\bar{z}^2} \tag{9}$$

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

$$\mathrm{Pr}_T\frac{\partial\theta}{\partial\tau} + Pe\frac{\partial\theta}{\partial\bar{z}} = \frac{\partial^2\theta}{\partial\bar{z}^2} \tag{10}$$

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

**Численные эксперименты с использованием гидравлической модели**.

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

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

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

$$\frac{d^2 f}{d\hat{z}^2} - Pe\frac{df}{d\hat{z}} + \gamma\,\mathrm{Pr}_T\, f(\hat{z}) = 0 \tag{12}$$

Искомую функцию напишем как

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

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

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

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

$$B_1 + B_2 = 1$$

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

где: $\varphi$-средняя высота всасывания.

Решением системы линейных алгебраических уравнений методом Крамера определим неизвестные коэффициенты:

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

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

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

Отсюда получим:

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

$$\left. + \left[\exp(\lambda\hat{\kappa}) - \exp\left(\frac{Pe\ (1-\sqrt{D})}{2}\hat{\varphi}\right)\right]\exp\left(\frac{Pe\ (1-\sqrt{D})}{2}\hat{z}\right)\right\} \tag{16}$$

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

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

$$\left. + \left[\exp(\lambda\hat{\varphi}) - \exp\left(\frac{Pe\ (1-\sqrt{D})}{2}\hat{\varphi}\right)\right]\exp\left(\frac{Pe\ (1-\sqrt{D})}{2}\hat{z}\right)\right\} \tag{17}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$+\frac{1}{(\mu_H-\theta_m)}\frac{\partial}{\partial \tau}\frac{e^{-\gamma\tau}}{\Delta_0}\int_{L_1}^{L}\left[\left[\exp(\lambda\hat{\varphi})-\exp(\frac{Pe\ (1-\sqrt{D})}{2}\hat{\varphi})\right]\exp(\frac{Pe\ (1-\sqrt{D})}{2}\hat{z})\right]dz \qquad (20)$$

Проинтегрировав (20), получим

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

$$*\left(\exp(\frac{Pe\ (1+\sqrt{D})}{2}L-\exp(\frac{\hat{Pe}\ (1+\sqrt{D})}{2}\hat{L}_1)\right)+\frac{2}{Pe\ (1-\sqrt{D})}\left[\exp(\lambda\hat{\varphi})-\exp(\frac{Pe\ (1-\sqrt{D})}{2}\hat{\varphi})\right]*$$

$$\left.\left(\exp(\frac{Pe\ (1-\sqrt{D})}{2}L-\exp(\frac{\hat{Pe}\ (1-\sqrt{D})}{2}\hat{L}_1)\right)\right\} \qquad (21)$$

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

Это управление имеет следующую структуру:

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

$$*\left(\exp(\frac{Pe\ (1+\sqrt{D})}{2}L-\exp(\frac{\hat{Pe}\ (1+\sqrt{D})}{2}\hat{L}_1)\right)+\frac{2}{Pe\ (1-\sqrt{D})}\left[\exp(\lambda\hat{\varphi})-\exp(\frac{Pe\ (1-\sqrt{D})}{2}\hat{\varphi})\right]*$$

$$\left.\left(\exp(\frac{Pe\ (1-\sqrt{D})}{2}L-\exp(\frac{\hat{Pe}\ (1-\sqrt{D})}{2}\hat{L}_1)\right)\right\} \qquad (22)$$

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

*ЛИТЕРАТУРА:*


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

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

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

УДК 556.3+631.621

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\Delta Q_2 = -a\left.\frac{\partial T}{\partial z}\right|_{z=z_2} S\Delta t \tag{2}$$

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

$$\Delta Q_1 - \Delta Q_2 = [-a\left.\frac{\partial T}{\partial z}\right|_{z=z_1} S\Delta t] - [-a\left.\frac{\partial T}{\partial z}\right|_{z=z_2} S\Delta t] \tag{3}$$

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

$$\left.\frac{\partial T}{\partial z}\right|_{z=z_2} - \left.\frac{\partial T}{\partial z}\right|_{z=z_1} \approx \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\Delta z - \frac{\Delta z}{a}\frac{\partial uT}{\partial z} \tag{4}$$

На основании (3) и (4) получим:

$$\Delta Q_1 - \Delta Q_2 = [-a\left.\frac{\partial T}{\partial z}\right|_{z=z_1} S\Delta t] - [-a\left.\frac{\partial T}{\partial z}\right|_{z=z_2} S\Delta t] \approx a\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\Delta z S\Delta t - \frac{\partial uT}{\partial z}\Delta z S\Delta t \tag{5}$$

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

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

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

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

или после соответствующих сокращений получим:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial uT}{\partial z} = a\ \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \tag{7}$$

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

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

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

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

$$\frac{\nu}{h^2}\frac{\partial T}{\partial \tau} + \frac{u}{h}\frac{\partial T}{\partial \bar{z}} = \frac{a}{h^2}\frac{\partial^2 T}{\partial \bar{z}^2} \tag{8}$$

Умножая обе части уравнения на $\frac{h}{u}$, и учитывая $\mathrm{Re} = \frac{uh}{\nu}$ - число Рейнольдса и $Pe = \frac{uh}{a}$ - число Пекле, получим:

$$\frac{1}{\mathrm{Re}}\frac{\partial T}{\partial \tau} + \frac{\partial T}{\partial \bar{z}} = \frac{1}{Pe}\frac{\partial^2 T}{\partial \bar{z}^2} \tag{9}$$

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

$$\mathrm{Pr}_T \frac{\partial T}{\partial \tau} + Pe\frac{\partial T}{\partial \bar{z}} = \frac{\partial^2 T}{\partial \bar{z}^2} \tag{10}$$

где $\mathrm{Pr}_T$ -тепловое число Прандтля. Таким образом, получена одномерная гидравлическая модель конвективного теплопереноса в гидроморфных средах, обусловленного орошением сельскохозяйственных культур.

**Численные эксперименты с использованием гидравлической модели**.

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

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

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

$$\frac{d^2 f}{d\hat{z}^2} - Pe\frac{df}{d\hat{z}} + \gamma\,\mathrm{Pr}_T\, f(\hat{z}) = 0 \tag{12}$$

Искомую функцию напишем как

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

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

$$\beta^2 - \beta Pe + \gamma\,\mathrm{Pr}_T = 0 \tag{14}$$

Решая уравнение (14), получим

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

Тогда решением дифференциального уравнения будет

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

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

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

Решением системы линейных алгебраических уравнений методом Крамера определим неизвестные коэффициенты:

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

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

Отсюда получим:

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

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

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

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

$$\left. + \left[\exp\left(\lambda\ \hat{h}\right) - \exp\left(\frac{Pe\ (1-\sqrt{D})}{2}\hat{h}\right)\right]\exp\left(\frac{Pe\ (1-\sqrt{D})}{2}\hat{z}\right)\right\} \qquad (18)$$

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

*ЛИТЕРАТУРА:*


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



УДК 626.8


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


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

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



*Бошқарув назарияси асосида: ирригация каналларига экспоненциал қонунят бўйича сув ўзатилишида, ихтиёрий вақт моментида сув оқими чуқурлиги ўзгаришининг бошқарув модели яратилди ва ечими олинди. Олинган илмий-тадқиқот натижалари сув оқими гидравлик параметрларининг ўзгарувчан*

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

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

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

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

**Гидравлическое моделирование**. Рассмотрим одномерную задачу процесса изменения скорости течения воды в ирригационных каналах, обусловленного изменением режима подачи воды. Пусть $u(x,t)$ – скорость в точке с координатами $x$ в момент времени $t$. Рассмотрим отсек потока воды с длиной $l$ в канале (рис. 1), т.е. между сечениями (1-1) и (2-2) с абсцессами $x_1$ и $x_2$ ($x_2 - x_1 = \Delta x$). Количество воды, прошедшей через сечение с абсциссой $x_1$, за время $\Delta t$, будет равно $\Delta Q_1 = \dfrac{\nu}{\Delta x}\dfrac{\partial u}{\partial x}\Big|_{x=x_1} \omega\Delta t$, а для сечения с абсциссой $x_2$ -

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$p(\tau) \frac{\partial u}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 u}{\partial \bar{x}^2} - \frac{V_0 l}{\nu} \frac{\partial u}{\partial \bar{x}}$ где: $p(\tau) = e^{-\frac{l2}{\nu}\int_0^{\frac{l2}{\nu}\tau} \lambda d\tau}$

или

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

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

**Численные эксперименты с использованием гидравлической модели**.

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

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

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

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

Искомую функцию напишем как

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

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

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

Решая уравнение (10), получим

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

Тогда решением дифференциального уравнения будет

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

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

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

Решением системы линейных алгебраических уравнений методом Крамера определим неизвестные коэффициенты:

$$B_1 = \frac{1}{\Delta_0}\left[\exp\left(\frac{\mathrm{Re} - \sqrt{D}}{2}\hat{L}\right) - \exp(\beta \hat{L})\right]$$

$$B_2 = \frac{1}{\Delta_0}\left[\exp\left(\frac{\mathrm{Re} - \sqrt{D}}{2}\hat{L}\right) - \exp\left(\frac{\mathrm{Re} + \sqrt{D}}{2}\hat{L}\right)\right]$$

Отсюда получим:

$$f(\hat{x}) = \frac{1}{\Delta_0}\left\{\left[\exp\left(\frac{\mathrm{Re} - \sqrt{D}}{2}\hat{L}\right) - \exp(\beta \hat{L})\right]\exp\left(\frac{\mathrm{Re} + \sqrt{D}}{2}\hat{x}\right) + \right.$$

$$\left. + \left[\exp\left(\frac{\mathrm{Re} - \sqrt{D}}{2}\hat{L}\right) - \exp\left(\frac{\mathrm{Re} + \sqrt{D}}{2}\hat{L}\right)\right]\exp\left(\frac{\mathrm{Re} - \sqrt{D}}{2}\hat{x}\right)\right\} \quad (13)$$

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

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

$$\left. + \left[\exp\left(\frac{\mathrm{Re} - \sqrt{D}}{2}\hat{L}\right) - \exp\left(\frac{\mathrm{Re} + \sqrt{D}}{2}\hat{L}\right)\right]\exp\left(\frac{\mathrm{Re} - \sqrt{D}}{2}\hat{x}\right)\right\} \quad (14)$$

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

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

$$Q(\overline{x}, \tau) \approx \frac{\omega e^{-\gamma\tau}}{\Delta_0}\left\{\left[\exp\left(\frac{\mathrm{Re} - \sqrt{D}}{2}\hat{L}\right) - \exp(\beta \hat{L})\right]\exp\left(\frac{\mathrm{Re} + \sqrt{D}}{2}\hat{x}\right) + \right.$$

$$\left. + \left[\exp\left(\frac{\mathrm{Re} - \sqrt{D}}{2}\hat{L}\right) - \exp\left(\frac{\mathrm{Re} + \sqrt{D}}{2}\hat{L}\right)\right]\exp\left(\frac{\mathrm{Re} - \sqrt{D}}{2}\hat{x}\right)\right\} \quad (15)$$

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

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

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

$$h(\bar{x},\tau) \approx \frac{2\Delta_0 Q^{0}{}_{пр}(\bar{x})\exp(-\lambda\tau)}{(b+B)e^{-\gamma\tau}}\left\{\left[\exp\left(\frac{\mathrm{Re}-\sqrt{D)}}{2}\hat{L}\right)-\exp(\beta\hat{L})\right]\exp\left(\frac{\mathrm{Re}+\sqrt{D)}}{2}\hat{x}\right)+\right.$$

$$\left.+\left[\exp\left(\frac{\mathrm{Re}-\sqrt{D)}}{2}\hat{L}\right)-\exp\left(\frac{\mathrm{Re}+\sqrt{D)}}{2}\hat{L}\right)\right]\exp\left(\frac{\mathrm{Re}-\sqrt{D)}}{2}\hat{x}\right)\right\}^{-1} \qquad (16)$$

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

*ЛИТЕРАТУРА:*


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



УДК 626.816


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


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



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

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

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

*During the preparation of article it was used materials of research report on the Mega project A7-FA-1-15518 of "Developing scientific-methodical base of stable water supply in the Republic of Uzbekistan in the condition of the intensification hydroeconomic situations on Amu Darya transboundary river".*

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

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

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

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

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

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

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

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




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

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

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

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

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

- Насосным станциям системы Аму-Занг в Сурхандарьиской области с расходом воды $Q_1$= 100 м$^3$/с;
- Насосную станцию Жайхун в Сурхандарьиской области с расходом воды $Q_2$= 95 м$^3$/с;
- Каршинский каскад насосных станций в Кашкадарьинской области с расходом воды $Q_3$= 175 м$^3$/с;
- Насосную станцию Хамза-1 в Бухарской области с расходом воды $Q_4$= 64 м$^3$/с;
- Насосную станцию Хамза-2 в Бухарской области с расходом воды $Q_5$= 105 м$^3$/с.

Таким образом, новый бесплотинный водозабор должен обеспечить подачу расхода воды Q=Q1+Q2+Q3+Q4+Q5 =100+95+175+64+105+40,5=579 м$^3$/с.

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

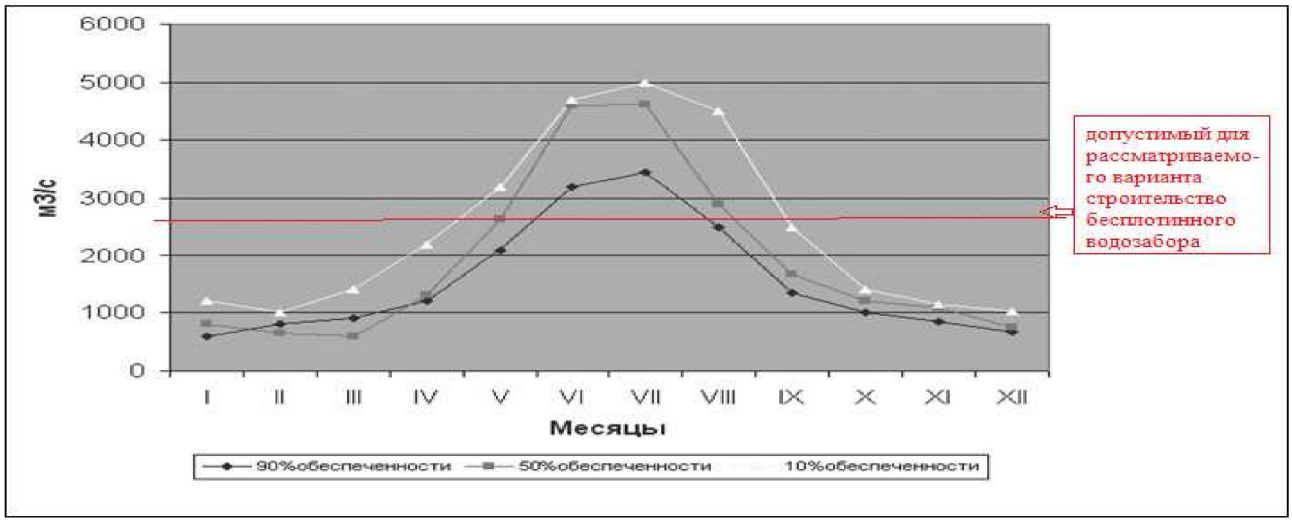



*Рис. 2 - Внутригодовая изменчивость стока Амударьи в зависимости от различной обеспеченности*

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

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

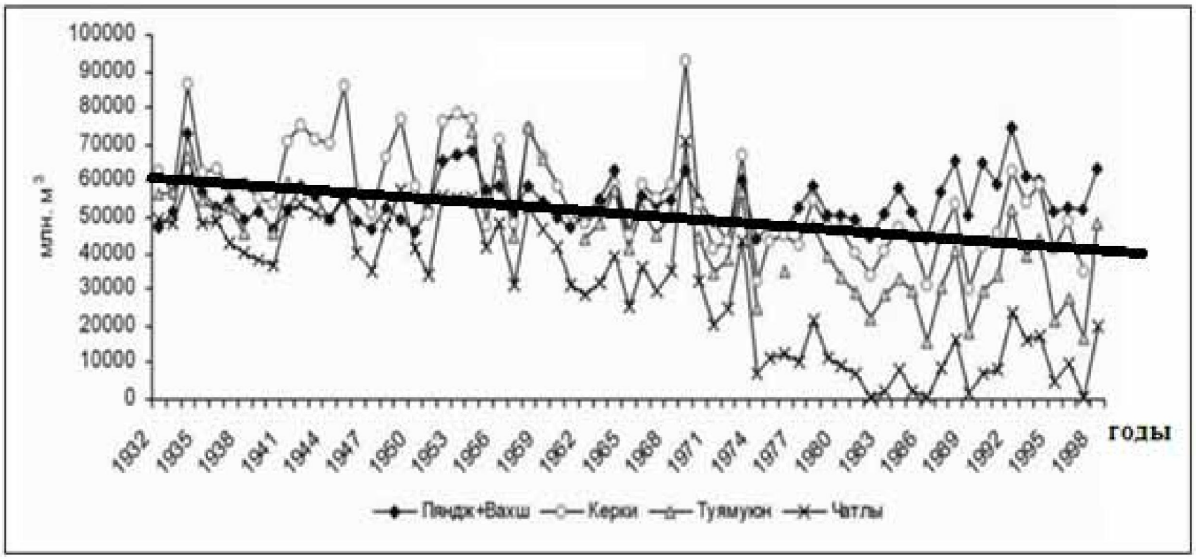



*Рис. 3 - Многолетний тренд стока Амударьи за 1932-1999 гг. (ГЭФ/ ВБ, WEMP, 2002)*

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

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

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

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

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

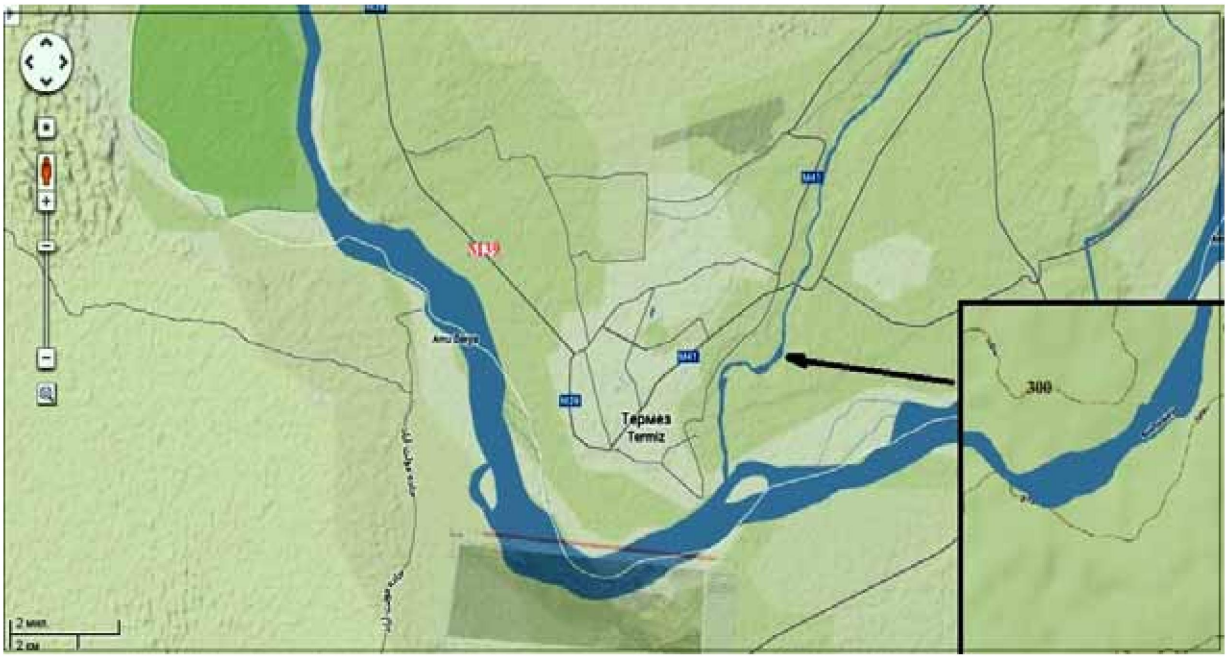



*Рис. 4 - Снимок участка реки для создания водозабора и проведения трассы канала переброски воды*

**Выводы и рекомендации:**

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

2. Определены и рекомендуются гидравлические параметры бесплотинного водозабора.

*ЛИТЕРАТУРА:*

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

УДК 631.51

# СИСТЕМЫ МИНИМАЛЬНЫХ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ

***А.Н. Морозов***
*(ОАО Гидропроект)*

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

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

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

***НЕМНОГО ИСТОРИИ***:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

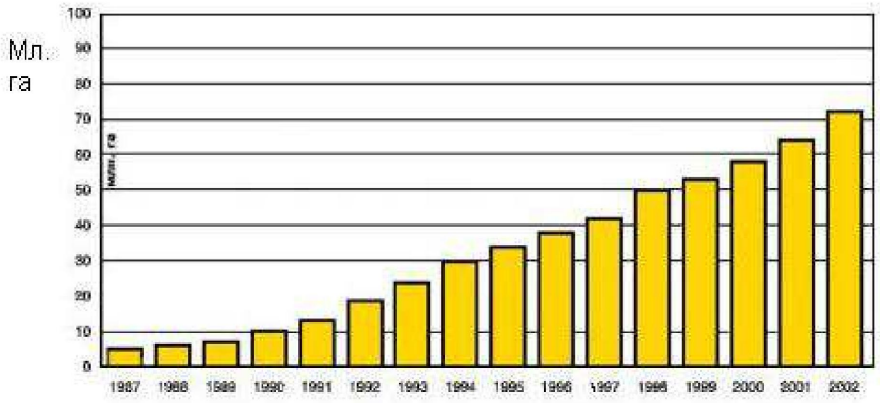



*Рис. 1 - Динамика роста площадей под нулевым возделыванием*

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

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

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

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

Обрабатывая почву различными орудиями, мы чётко должны представлять:

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

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

1. Обеспечить оптимальное использование влаги атмосферных осадков и поливной воды растениями, при наилучшем водно-воздушном режиме почвы;

2. Обеспечить, по-возможности, протекание процессов почвообразования в сторону увеличения плодородия почвы.

3. Минимизировать затраты на приобретение механизмов для обработки почвы и уходу за растениями, а также на удобрения и химикаты.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- восстанавливали, насколько возможно, функцию верхнего слоя почвы (дернины), защищающего её от излишнего расхода влаги и обеспечивающего увеличение плодородия;

- восстанавливали *естественную* порозность нижележащих горизонтов;

- для борьбы с сорняками использовали в качестве основного приёма мелкую (5-7 см) обработку поверхности почвы плоскорезами на фоне севооборота;

- не давали почве «отдыхать», т.е. прекращать работу по наращиванию плодородия.

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

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

***Что достигалось этими приёмами?***

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

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

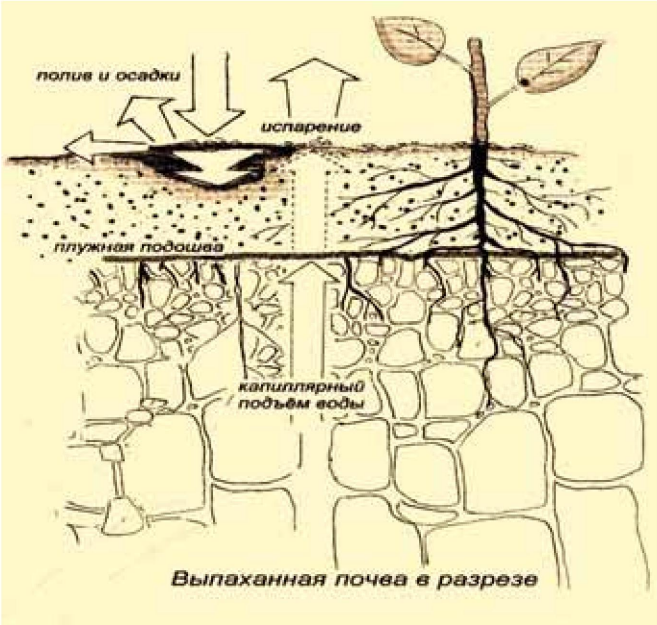



*Рис. 2 - Вот как выглядит «выпаханная» почва по мнению И.Е. Овсинского (в интерпретации Н.И. Курдюмова [13])*

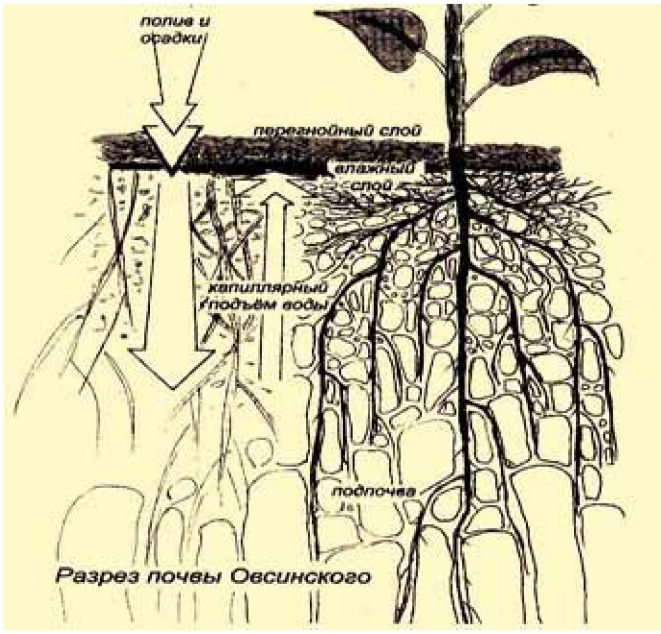



*Рис 3 - Структура пор в восстановленной почве при очень мелкой пахоте и пути движения влаги в период дождей и поливов (вниз), и в межполивной период (вверх).*

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

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

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

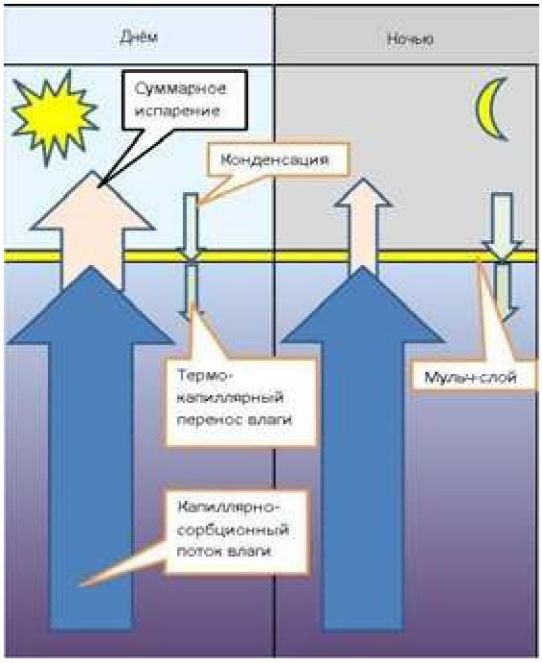



*Рис. 4 - Схема передвижения влаги в дневные и ночные часы*

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

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

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

- Образующийся при разложении органики углекислый газ $CO_2$ (в полтора раза тяжелее воздуха), стекает вниз по крупным почвенным порам, и, соединяясь с почвенной влагой, образует слабую угольную кислоту $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$, которая освобождает важнейшие питательные элементы фосфор и калий, находящиеся в состоянии поглощённом глинистыми частицами почвы, (но для песчаных и супесчаных почв это не актуально, поскольку запасы связанного фосфора и калия в них малы, поэтому здесь необходимы как органические, так и минеральные удобрения). Ненарушенная, или восстановленная структура пор в горизонте, лежащем под рыхлым верхним слоем, выполняющим функцию дернины, обеспечивает капиллярно сорбционный подток влаги снизу, и наоборот, лёгкое насыщение его при дождях и поливах. Кроме того, крупные поры в этом подстилающем слое (оставшиеся с прошлых лет, от перегнивших корней и ходов землероев), намного облегчают быстрое прорастание корней вниз, вдогонку за уходящей влагой.

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

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




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

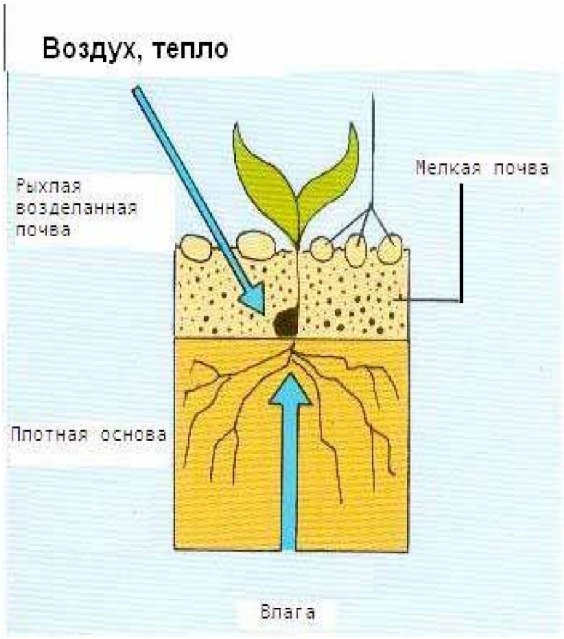



*Рис. 6 - Условия прорастания семян при правильной обработке почвы механизмом, предлагаемым фирмой «Lemken». Семена легко набухают, прорастают и прочно укореняются в слое с ненарушенной структурой*

***ЗАКЛЮЧЕНИЕ***

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

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

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

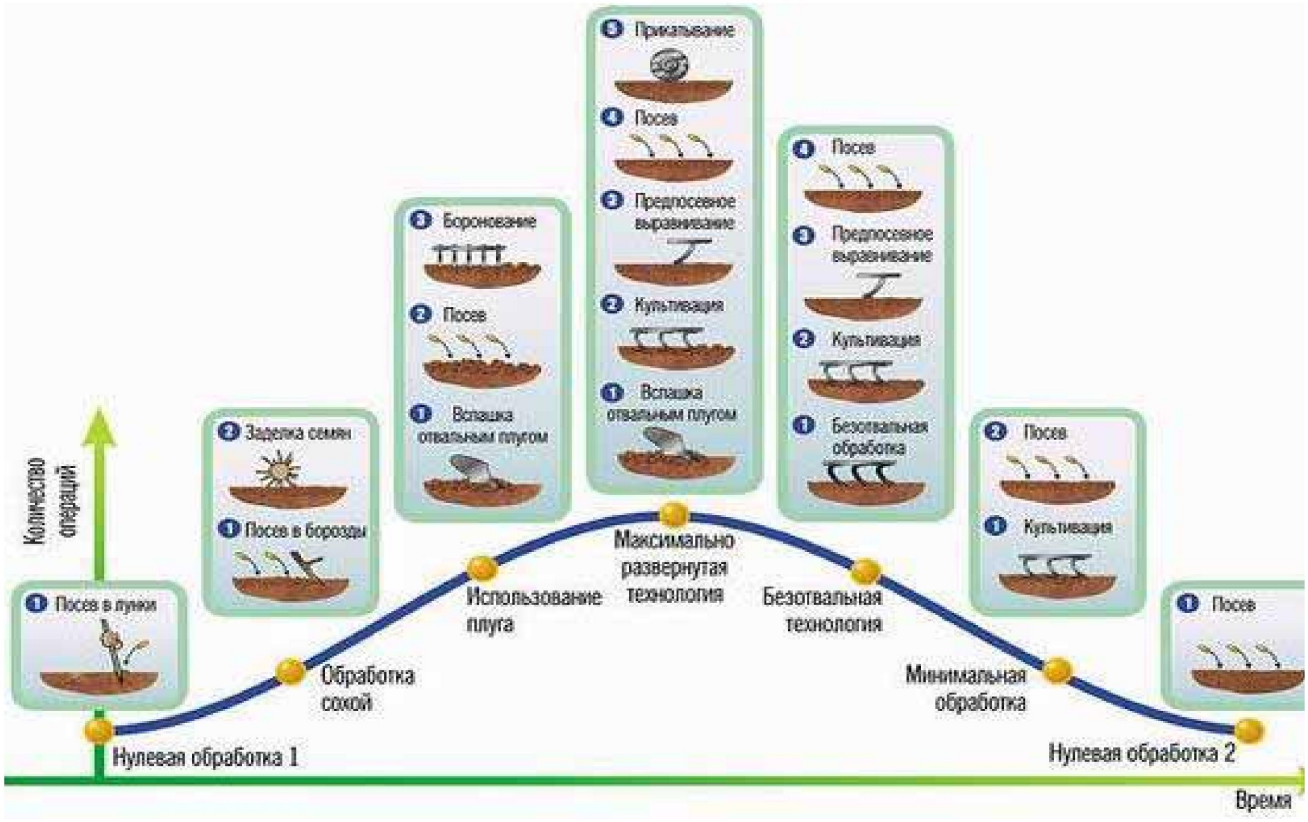



*Рис. 7 - Линия «Развертывание-свертывание» для технологии обработки почвы*

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

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

*ЛИТЕРАТУРА:*

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

УДК 626.814

# ТАЛИМАРЖОН СУВ ОМБОРИНИ ГИДРОЛОГИК РЕЖИМИ ЎЗГАРИШЛАРИ

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

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

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

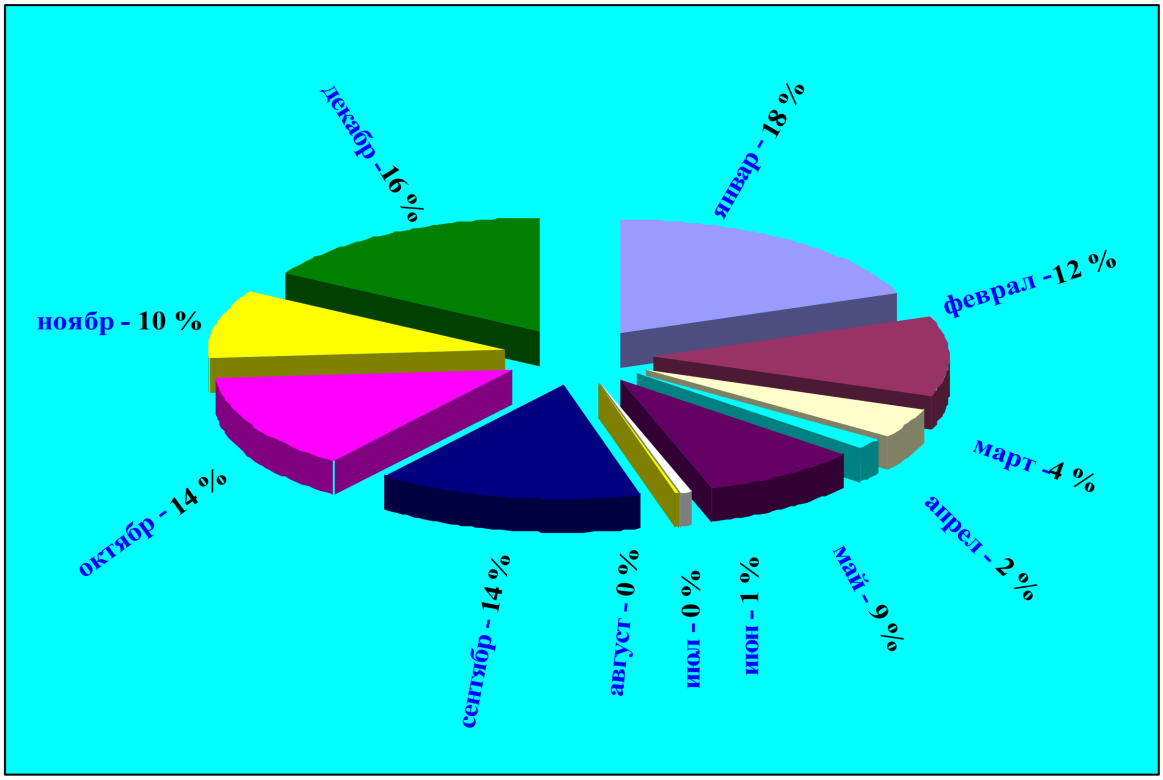
*Изучены изменения притока к водохранилищу Талимаржан и оценены причины их уменьшения.*

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

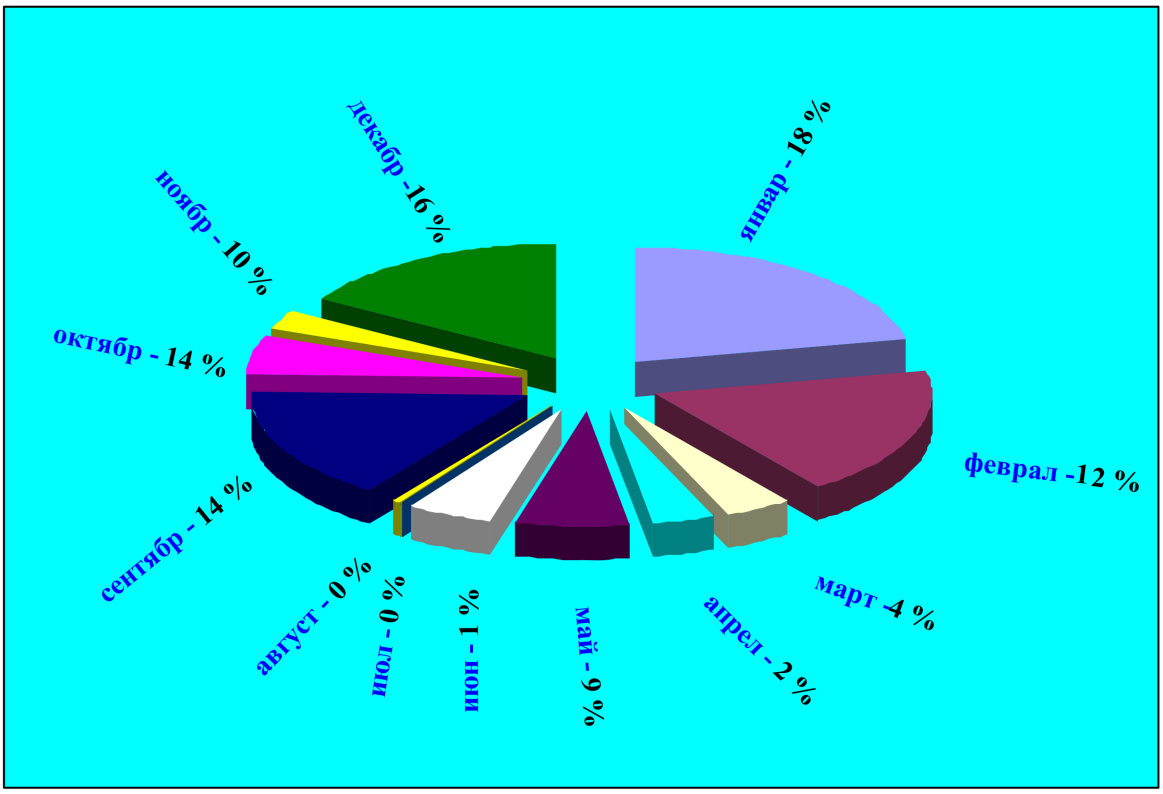
Кўп йиллик оқим ўзгаришларини ўрганишдан асосий мақсад сув омборини тўлдириш жараёни, сув омборига даврлар орасида сувнинг келишини, оқимни характерли ҳолатларини ўрганиш ва аниқлашдан иборат. Агар бизда сув омборига қуйилган оқим миқдорининг 25-30 йиллик маълумотлари бўлса улардан фойдаланган ҳолда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

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

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




*1 расм - 1987-1996 йиллардаги умумий оқимнинг ойларда тақсимланиши*




*2 расм - 2001-2010 йиллардаги умумий оқимнинг ойларда тақсимланиши*

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

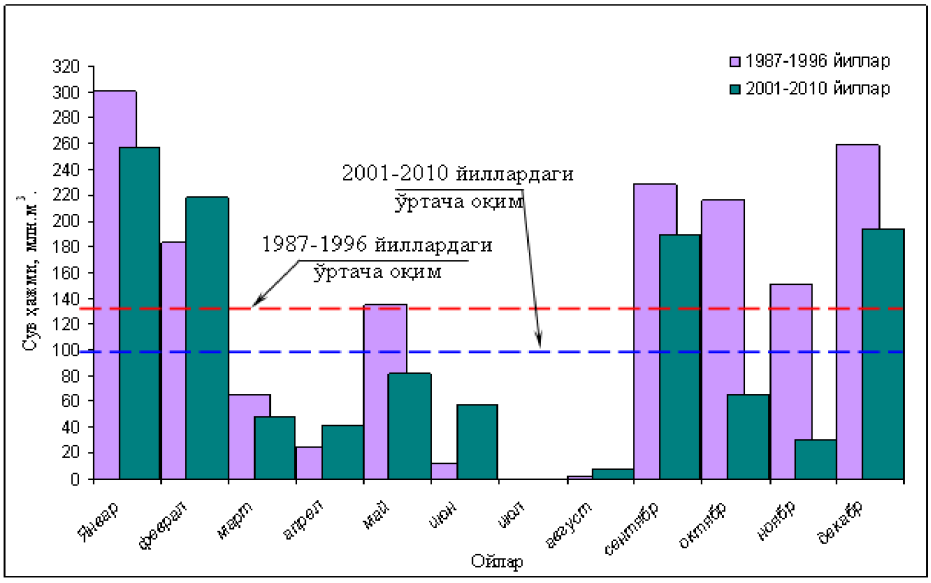
1-жадвал. Ўртача оқим миқдорини ойлар ичида ўзгаришлари, млн.м$^3$.

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

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

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

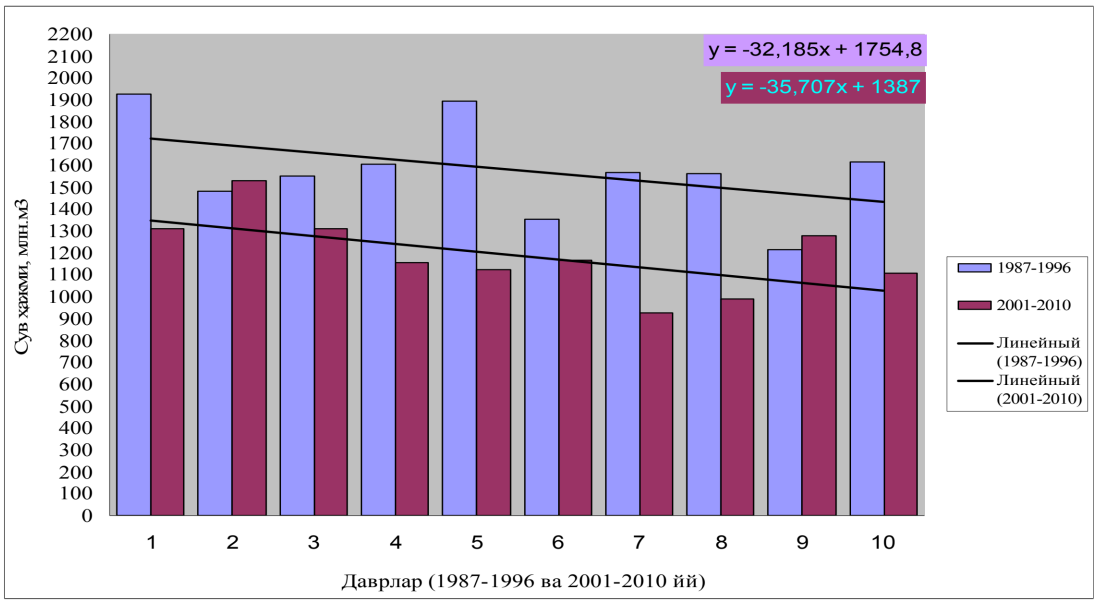
Юқорида келтирилган жадваллар ва графиклардан фойдаланган ҳолда сув омборини тўлдиришдаги оқимнинг йиллар давомида қандай ўзгариб борганлигини яна бир график орқали аниқлаштирамиз (4-расм).




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

2 жадвал - Йиллик қуйилган умумий оқим миқдорлари

| *Йиллар (1987-1996)* | *1987* | *1988* | *1989* | *1990* | *1991* | *1992* | *1993* | *1994* | *1995* | *1996* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Йиллик оқим миқдори, млн.м$^3$ | 1929,3 | 1484,8 | 1553,3 | 1603,7 | 1892,5 | 1355,9 | 1565,9 | 1560,7 | 1213,9 | 1618,0 |
| *Йиллар (2001-2010)* | *2001* | *2002* | *2003* | *2004* | *2005* | *2006* | *2007* | *2008* | *2009* | *2010* |
| Йиллик оқим миқдори, млн.м3 | 1313,7 | 1533,0 | 1310,4 | 1155,6 | 1123,6 | 1167,5 | 927,0 | 990,2 | 1277,8 | 1106,9 |




*4 расм - Йиллар давомида оқим ҳажмининг ўзгариши*

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

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

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

*АДАБИЁТЛАР:*

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

УДК 631.587

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

***Материалы и методы.***

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

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

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

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

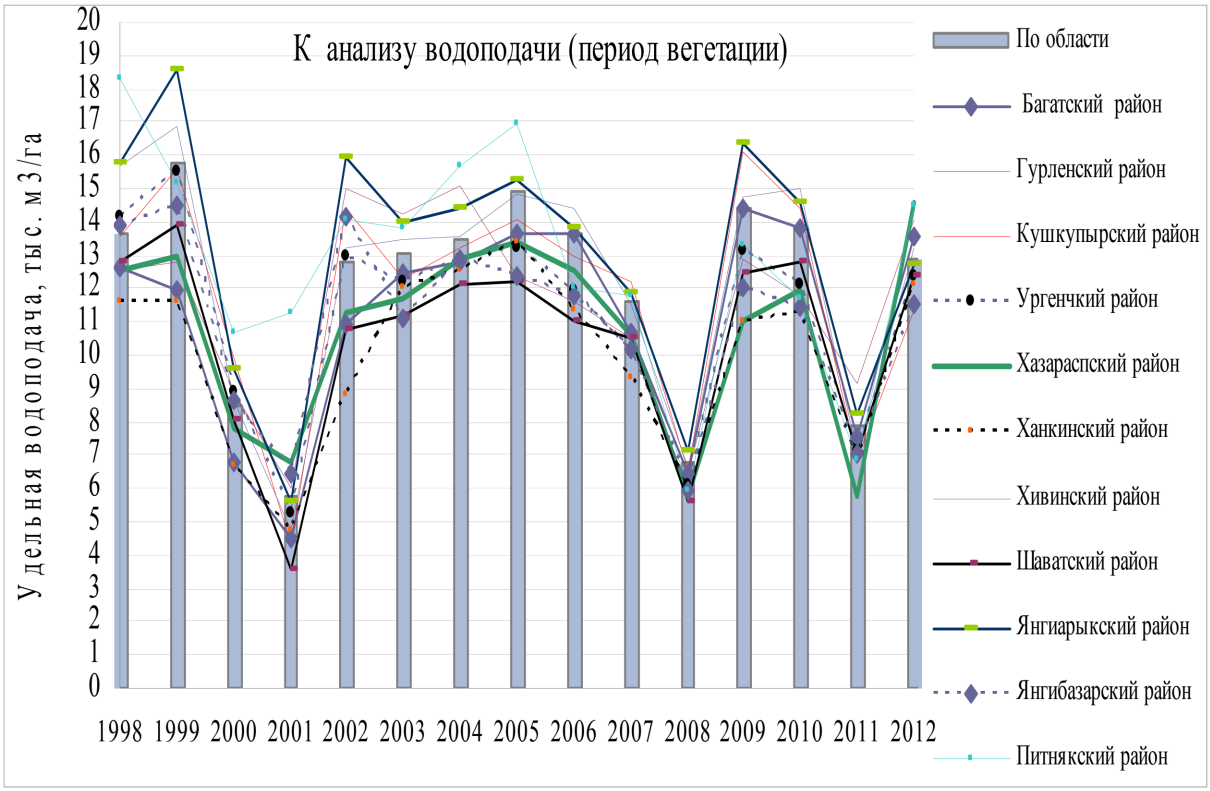
Известный факт, что 2000, 2001, 2008 и 2011 годы были маловодными явно видно из рисунков 1 и 2, при этом, наиболее глубокое маловодье было в вегетацию 2001 года.

---

[1] *Ежегодные Отчеты ГГМЭ за 2004,-2012 гг. Материалы БУИС*

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

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



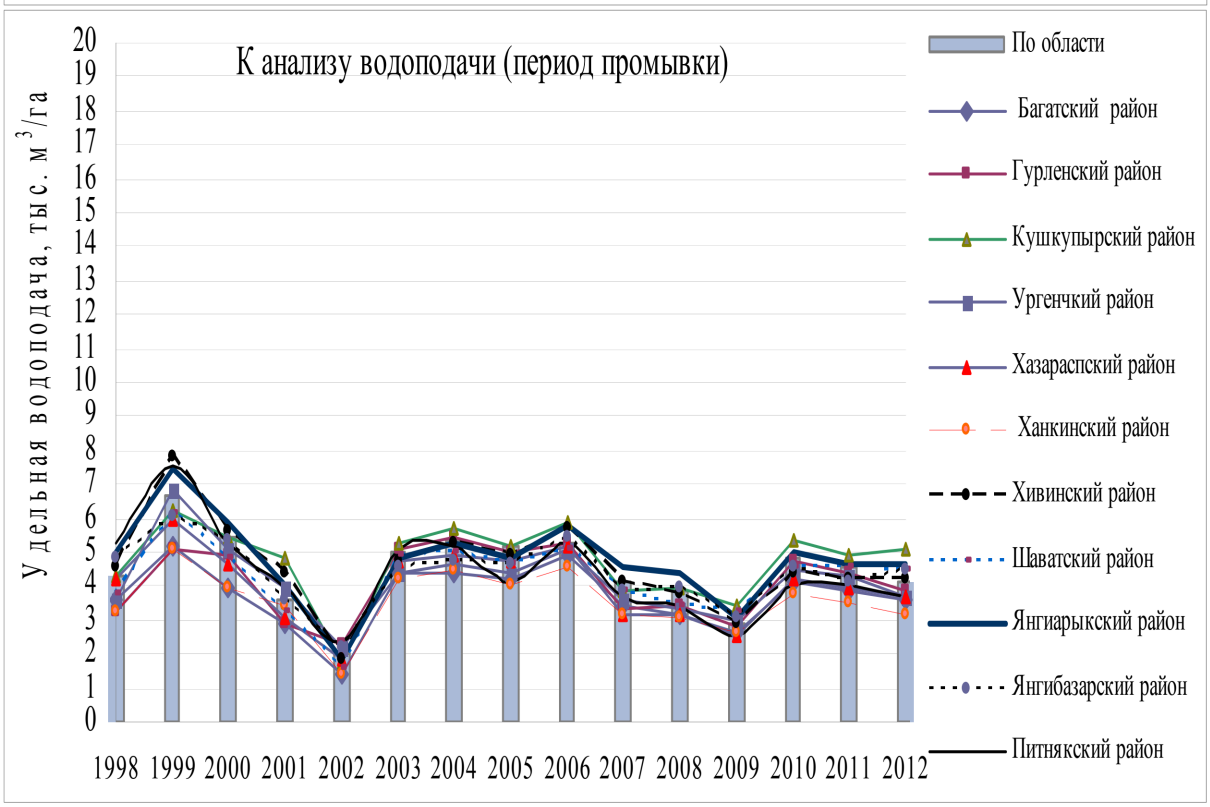




*Рис. 2 - Водозабор на промывку и орошение по отдельным районам и в среднем по области*

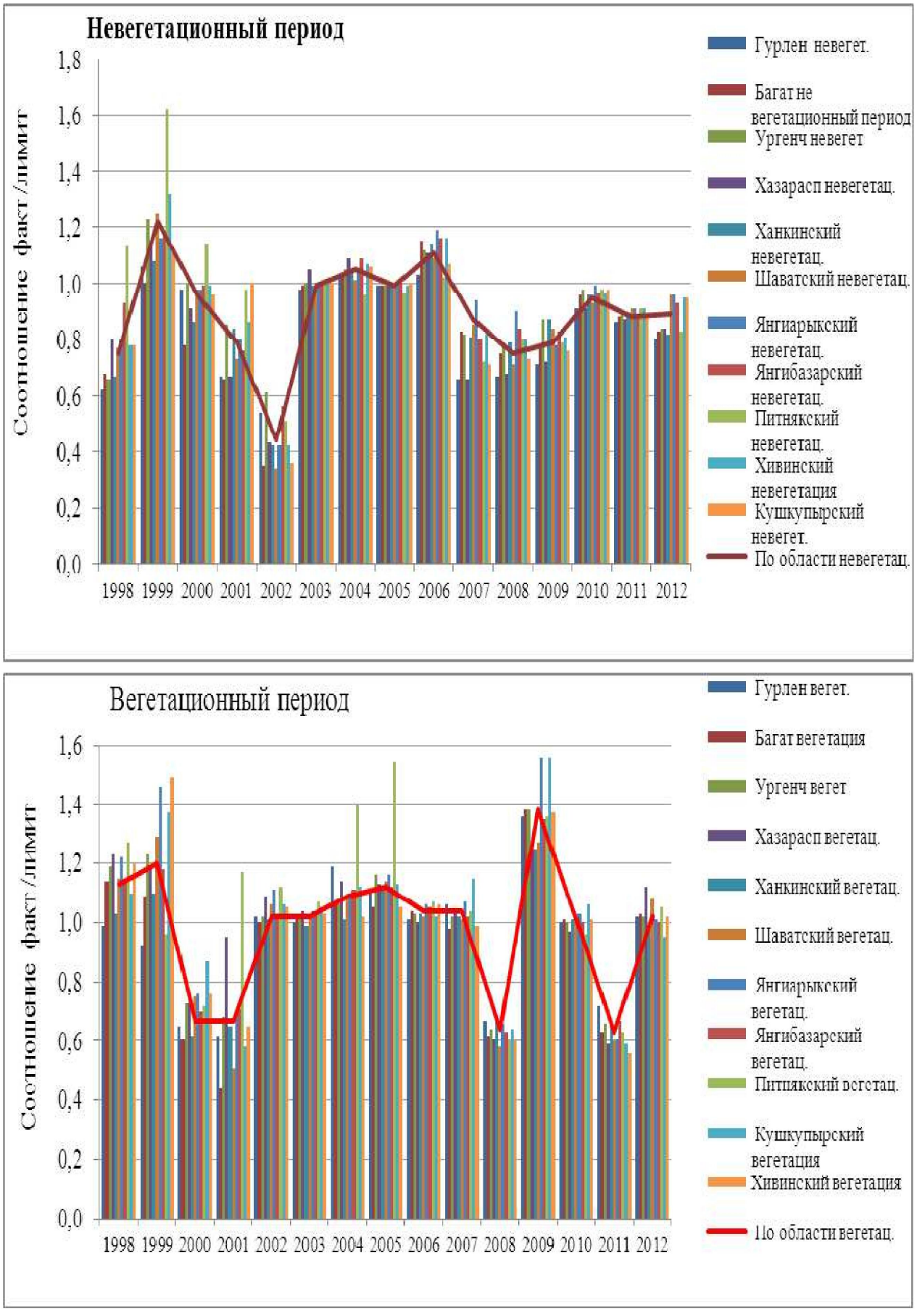
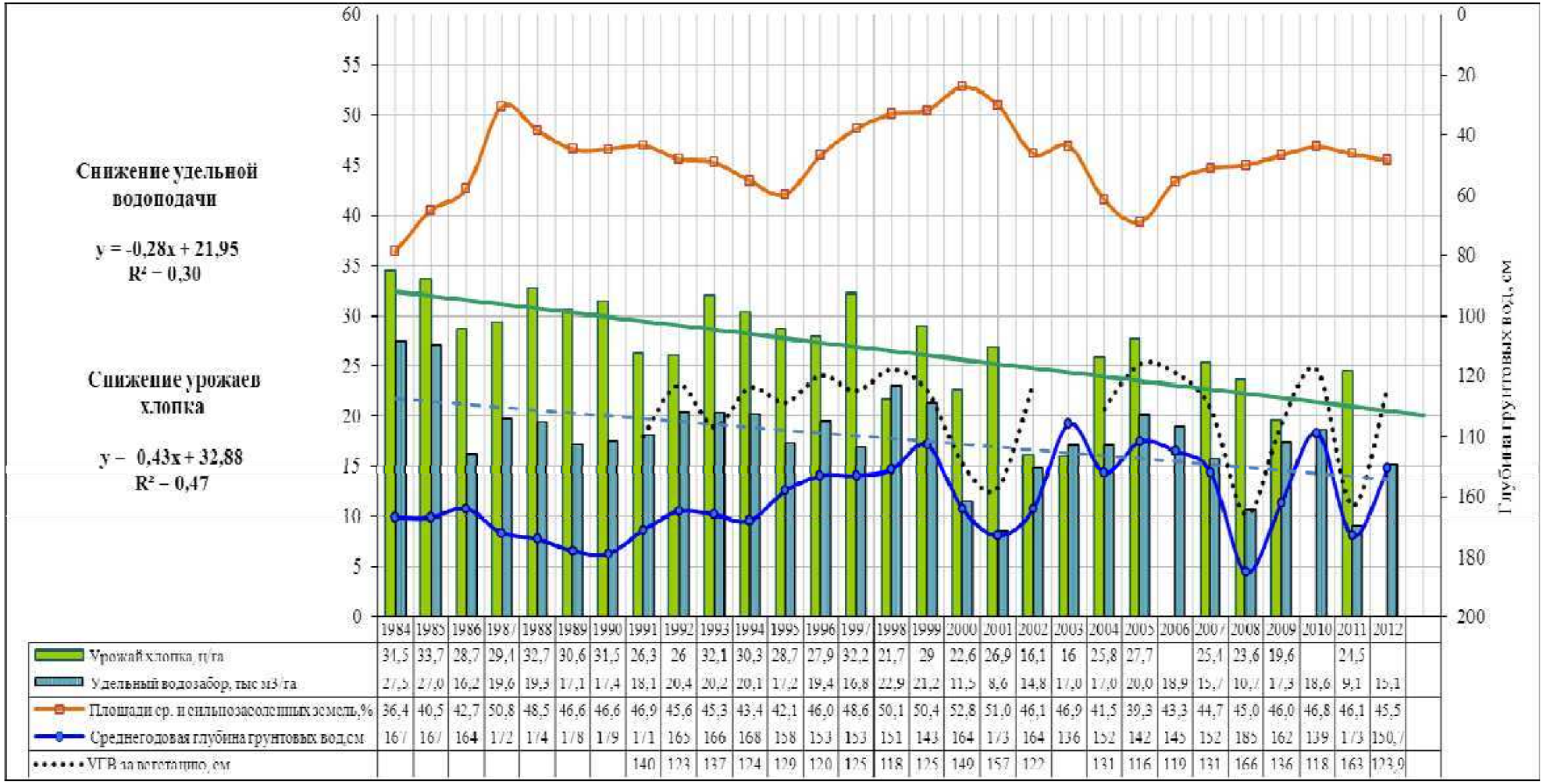



*Рис. 3 - Отношение фактической водоподачи к выделенному лимиту по районам Хорезмской области*




| | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Урожай хлопка, ц/га | 31,5 | 33,7 | 28,7 | 29,1 | 32,7 | 30,6 | 31,5 | 26,3 | 26 | 32,1 | 30,3 | 28,7 | 27,9 | 32,2 | 21,7 | 29 | 22,6 | 26,9 | 16,1 | 16 | 25,8 | 27,7 | | 25,1 | 23,6 | 19,6 | | 21,5 | |
| Удельный водозабор, тыс м3/га | 27,5 | 27,0 | 16,2 | 19,6 | 19,3 | 17,1 | 17,4 | 18,1 | 20,4 | 20,2 | 20,1 | 17,2 | 19,4 | 16,8 | 22,9 | 21,2 | 11,5 | 8,6 | 14,8 | 17,0 | 17,0 | 20,0 | 18,9 | 15,7 | 10,7 | 17,3 | 18,6 | 9,1 | 15,1 |
| Площади ср. и сильнозасоленных земель,% | 36,4 | 40,5 | 42,7 | 50,8 | 48,5 | 46,6 | 46,6 | 46,9 | 45,6 | 45,3 | 43,4 | 42,1 | 46,0 | 48,6 | 50,1 | 50,4 | 52,8 | 51,0 | 46,1 | 46,9 | 41,5 | 39,3 | 43,3 | 44,7 | 45,0 | 46,0 | 46,8 | 46,1 | 45,5 |
| Среднегодовая глубина грунтовых вод,см | 167 | 167 | 164 | 172 | 174 | 178 | 179 | 171 | 165 | 166 | 168 | 158 | 153 | 153 | 151 | 143 | 164 | 173 | 164 | 136 | 152 | 142 | 145 | 152 | 185 | 162 | 139 | 173 | 150,7 |
| УГВ за вегетацию, см | | | | | | | | 140 | 123 | 137 | 124 | 129 | 120 | 125 | 118 | 125 | 149 | 157 | 122 | | 131 | 116 | 119 | 131 | 166 | 136 | 118 | 163 | 123,9 |

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

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

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

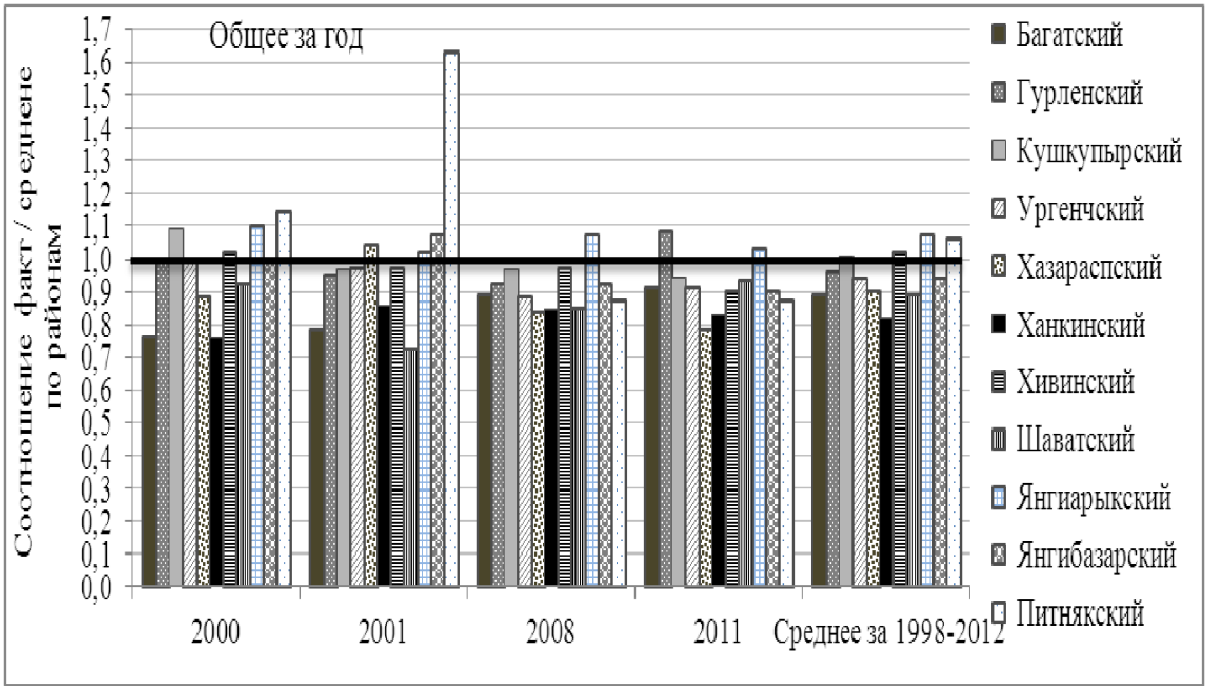



*Рис. 4 - Сравнение удельной годовой водоподачи в отдельных районах Хорезмской области со средним значением этого же показателя по области в маловодные годы (для выявления «ущемляемых» районов)*

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

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

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

[3] *В отдельные годы «перебор» в вегетацию достигал 40 %*

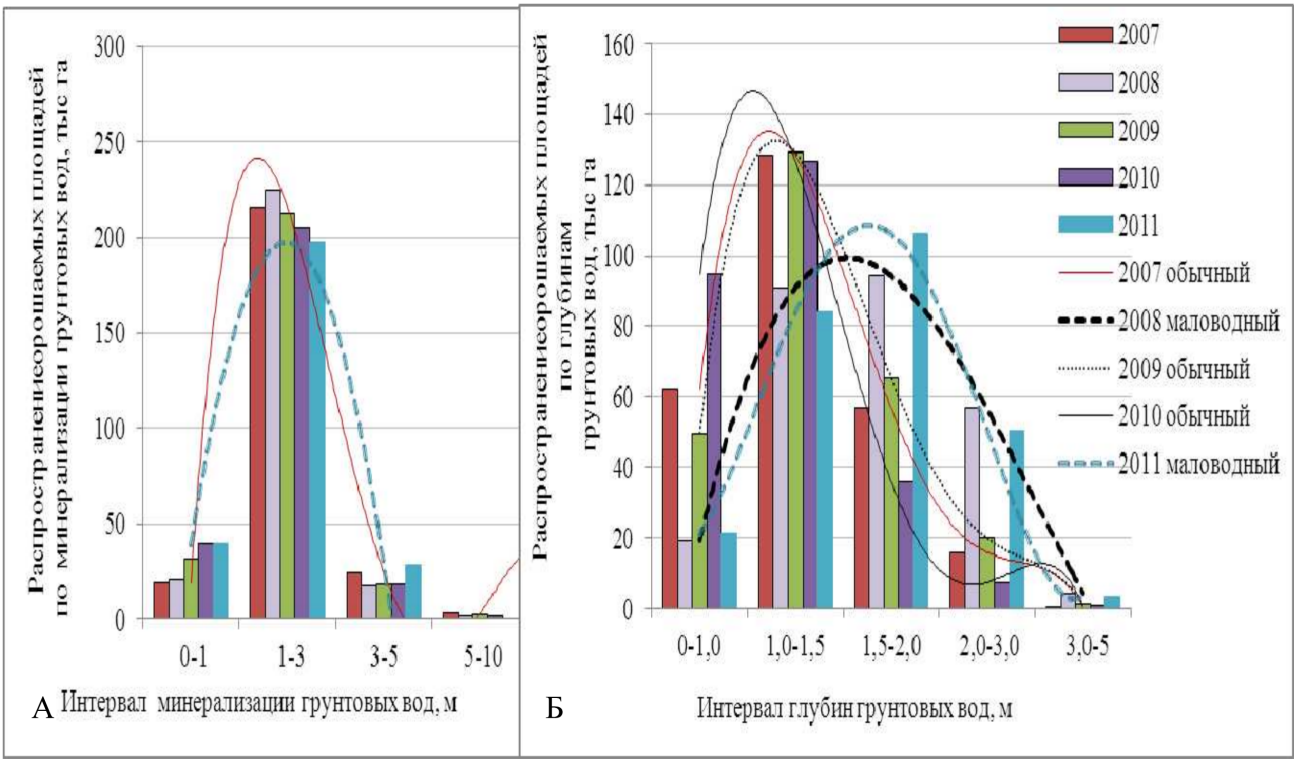



*Рис. 5 - Влияние маловодья 2008 и 2011 годов на распространение площадей орошаемых земель с различными глубинами залегания и минерализацией грунтовых вод (на 1 июля)*

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

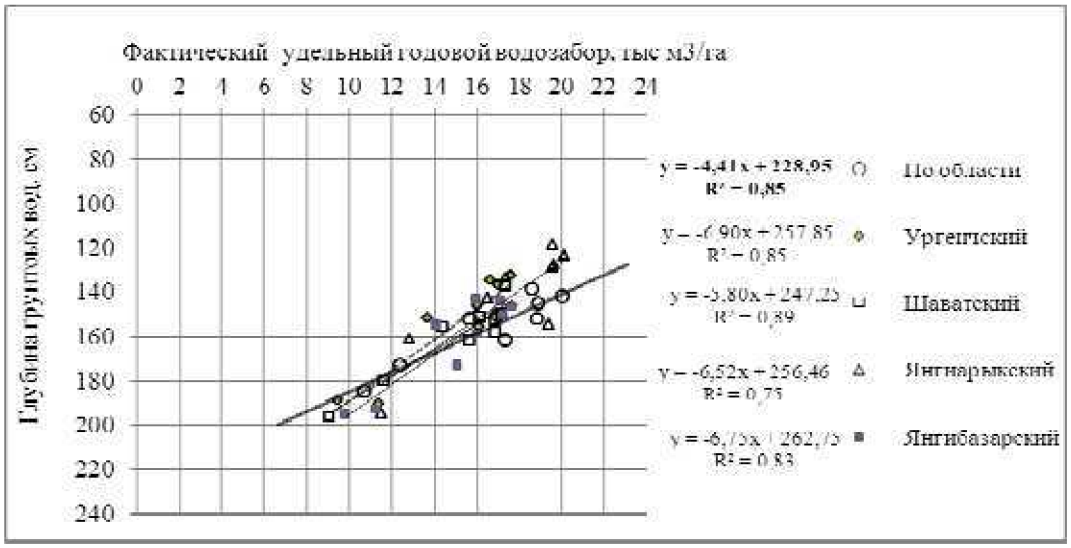



*Рис. 6 - Влияние годового объёма удельной водоподачи на среднегодовую глубину грунтовых вод по отдельным районам и по области*

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

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

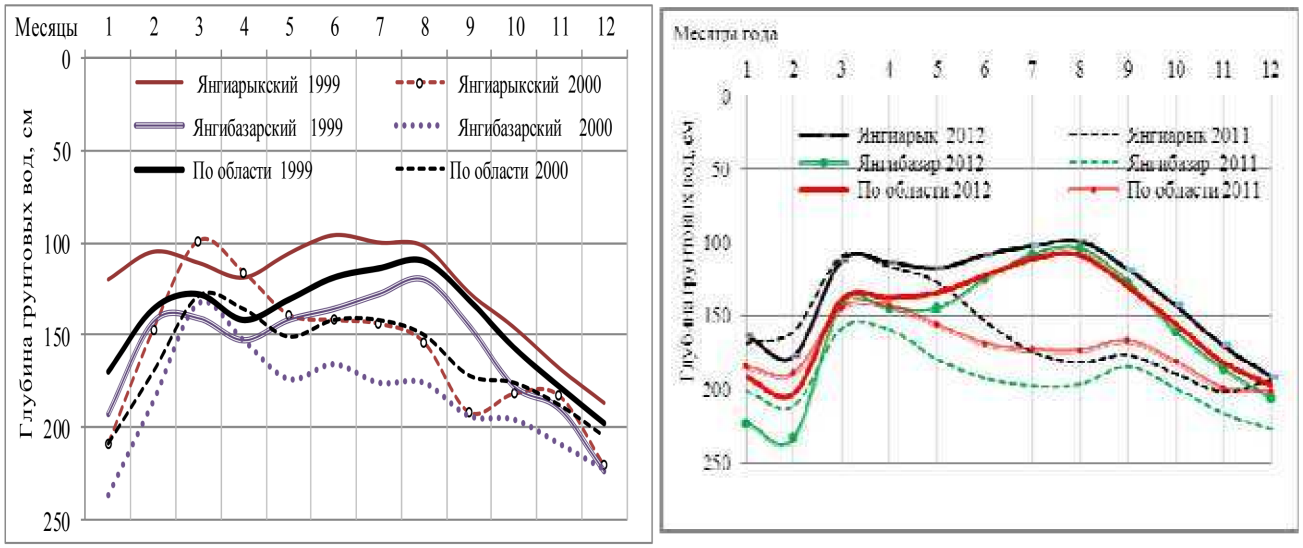



*Рис. 7 - Иллюстрация влияния 2000 и 2011 маловодных лет на глубины залегания грунтовых вод в отдельных районах*

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

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

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

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

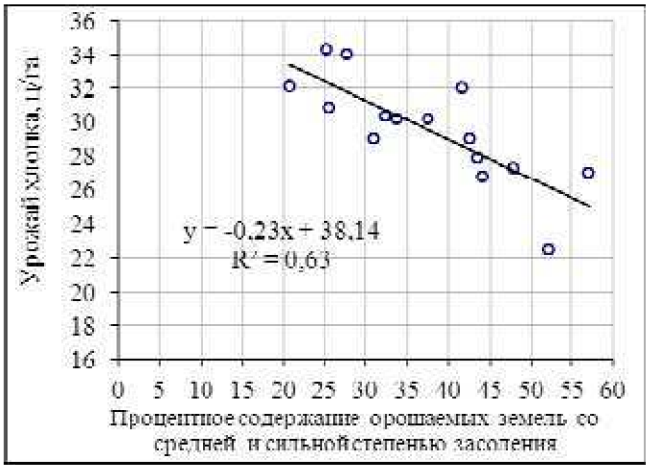



*Рис. 8 - Степень влияния распространения засоления на орошаемых землях на урожайность хлопка (обобщённые данные Хазараспскому и Ханкинскому, районам)*

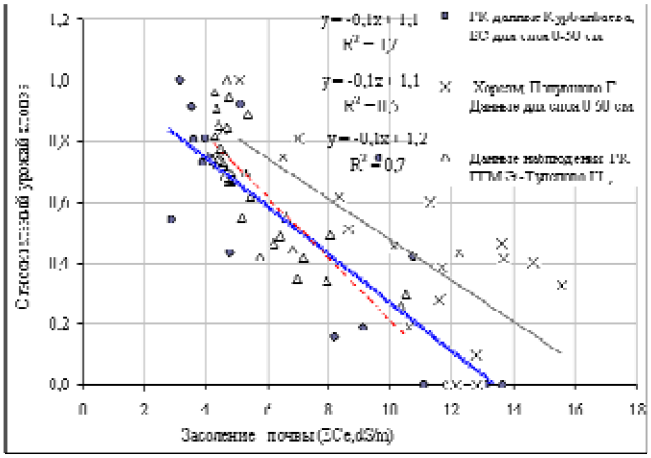



*Рис. 9 - Влияние засоления почв на урожайность хлопка по данным полевых опытов в низовьях Амударьи*

Это можно объяснить тем, что исходная степень засоления не учитывается при распределении воды на поля [4];

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

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

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

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

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

*ЛИТЕРАТУРА:*

1. Анализ использования воды в Хорезмской области и обоснование потребности воды для орошения сельскохозяйственных культур: Отчет о НИР; отв. исп. Кушбаев К. - Ташкент, 2003.

2. Мурадов К.Ж., Морозов А.Н., Широкова Ю.И. Оценка использования воды и мелиоративного состояния орошаемых земель Хорезмской области // Сб. науч. тр. «САНИИРИ 80 лет: 1925-2005». – Ташкент, 2006. - С. 68-77.

3. Толепова Ш., Курбанбаев Е.К., Палуашова Г., Широкова Ю.И. Процессы засоления земель и методы поддержания солевого режима почв в условиях близких грунтовых вод и малоуклонных земель низовьев р. Амударья // Материалы Международной научно-практ. конф., посв. 100-летию со дня рождения Н.А. Кенесарина «Современное состояние подземных вод: проблемы и их решения». – Ташкент, 2008. - С. 34–37.

4. Толепова Ш., Курбанбаев Е.К., Форкуца И., Палуашова Г., Широкова Ю.И. Особенности водного и солевого режима орошаемых полей в низовьях р. Амударьи (анализ проведенных исследований) // Материалы Респ. научно-практ. конф. «Вопросы совершенствования эффективного использования водных ресурсов, а также улучшения мелиорации и экологии окружающей среды» / НИИИВП при ТИИМ. - Ташкент, 2012. - С. 216-224.

[4] *Вода на промывку обычно подаётся весной а контролируется засоление почвы более массово - осенью (т.е. сопоставление заведомо некорректно)* .

УДК 631.445.52

# 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 засолённости, 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 Респнблике Каракалпакстан, достигая почти 50 % всей орошаемой площади.

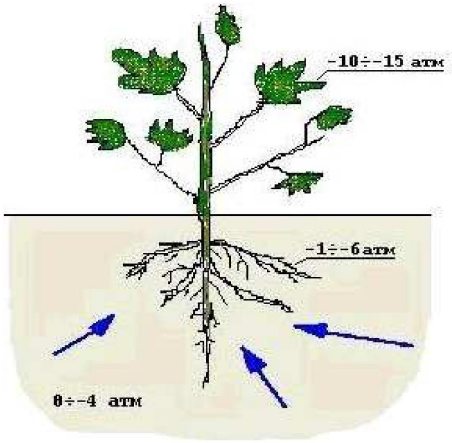
Наиболее опасно засоление почвы при её недостаточной влажности. При этом растения испытывают двойной стресс: затруднённый отбор влаги корнями растений (сосущая сила почвы, которая определяется недостатком в ней влаги, доступной для растений), а за счёт присутствия в почвенном растворе солей - создаётся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

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

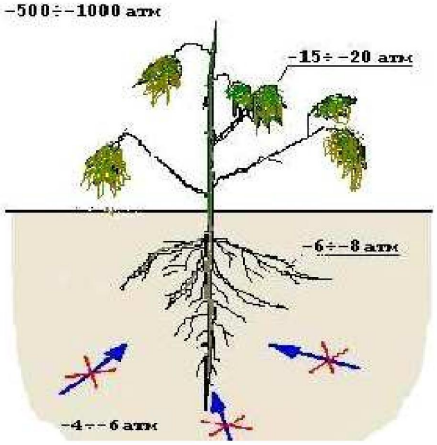
Разработанные до настоящего времени режимы орошения не учитывали засоление земель и были нацелены только на регулирование почвенной влажности. Так, для поверхностного полива хлопчатника, в зависимости от фазы развития хлопчатника, рекомендовалось поддерживать поливами влажность на уровне 70 % от ППВ. 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.

---

*1 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:

$$Pc = P + Po \qquad (1)$$

где: Pc – суммарный (полный) потенциал почвенной влаги;
P - капиллярно-сорбционный потенциал в почве, отражающий влажность почвы;
Po - 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):

$$Po = 0{,}36 * ECe \qquad (2)$$

где: Po - осмотический потенциал почвенного раствора, атм;
ECe - 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 Минсельводхоза.

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 – ECe[1]. Затем определить влажность (в долях от ППВ) и разделить ECe 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 контролировании засоления и влажности почвы очень просто можно по формулам:

$$ECe=EC_{1:1}*3,5\ dS/m\ (\text{или } EC_{\text{штыря}}*4,2) \quad (3)$$

$$\Psi=0,36*\ ECe,\ атм. \quad (2)$$

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

Где,

ECe – электропроводность насыщенного почвенного экстракта (обычно используют для оценки степени засоления по классификации ФАО), в децисименсах на метр $(dS/m)^2$

$EC_{1:1}$ – 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;

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

$\Psi_1$ - отрицательное осмотическое давление почвенного раствора при текущей влажности почвы, например перед поливом (обычно высокое, при высоком засолении почвы), атм.;

$Вл._{факт}$ -текущая (фактическая ) влажности почвы в корневой зоне (% от массы или от объема);

$Вл._{ППВ}$ - 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 ECe= 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 влагоемкость – 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 pF кривой для определения критической весовой влажности для условий Хорезма (при условии, если бы почва была незасоленной)

| № | Показатели | Универсальная зависимость для любых условий | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | pF | 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 |
| 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 pF; 2 - Рассчитано, через pF; 3 - По уравнению* $y = 0{,}001e^{2{,}2991x}$*, где x = pF – давление; 4 - Термостатно - весовой метод*

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

| Критическое суммарное давление<br>P атм = P матр. + ψ осм | Влажность почвы - в долях от ППВ | Матричное давление- P матр, атм | Допустимое значение ECe, dS/m (при критическом давлении) | Осмотическое давление- ψ, 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.

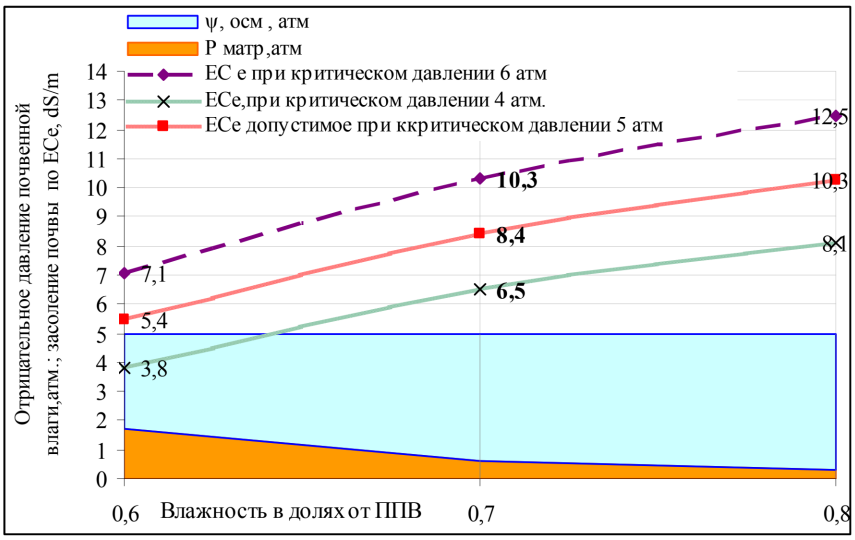



*Рис. 2 - Иллюстрация соотношения матричного и осмотического давлений и критических значений засоленности почвы, при различной влажности почвы, в увязке с критическим давлением почвенной влаги*

*(матричным и осмотическим)*

Как видно из рис. 2, если принять полное давление 4 атм. за предельное, то значение ECe 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-ирригация). 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.

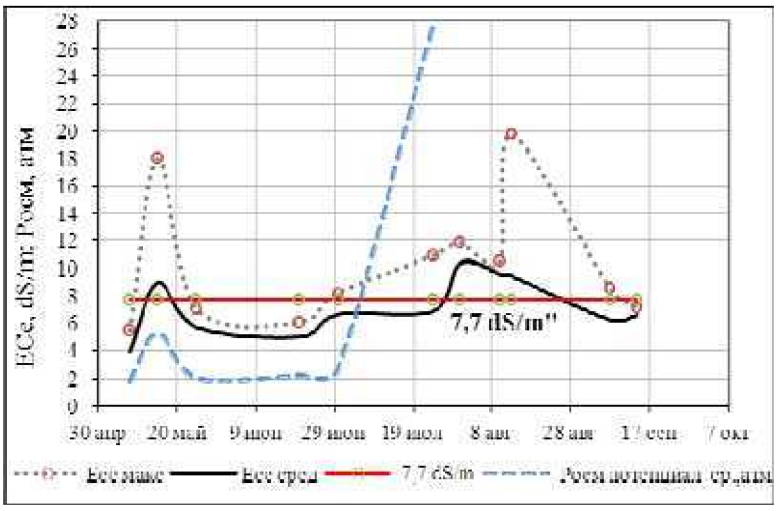



*Рис. 3- Изменение максимальных и средних значений электрической проводимости насыщенного почвенного экстракта ECe на демонстрационном поле хозяйства «Талашкан» Сурхандарьинской области (использованы данные наблюдений по проекту WUFMAS,1999)*

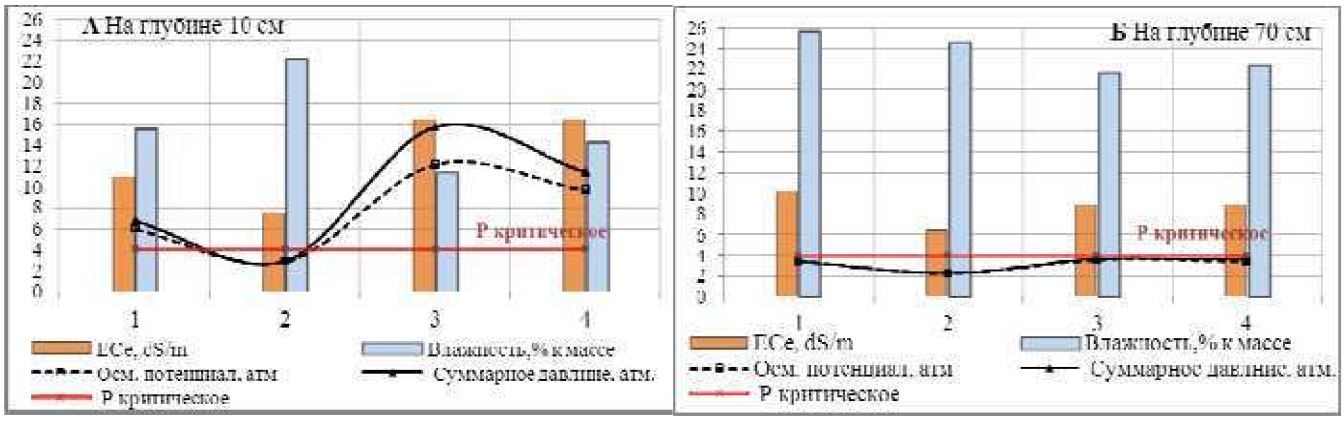



*Рис. 4 –Данные наблюдений Г.К Палуашовой, проведённых в Ханкинском районе Хорезмской области 2007 г. в условиях высокого стояния грунтовых вод (1…4-данные наблюдений по датам 23.07; 30.07; 06.09 и 07.10)*

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 богланган икки кисм: датчик ва сигнални ишлайдиган электрон блоклардан иборат булган – сув тезлигини улчагич (ИСВ-Е) нинг тушунтириш ёзмаси келтирилган. Датчик стандарт штанга ёрдамида сув окимининг танланган нуктасига туширилади. Электрон блок датчик сигналини ишлаб, сув окими тезлиги хакидаги маълумотни тезлик бирлигида ракамларда 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 ± 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 $90^o$ 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:

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

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

g = 9,81 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.

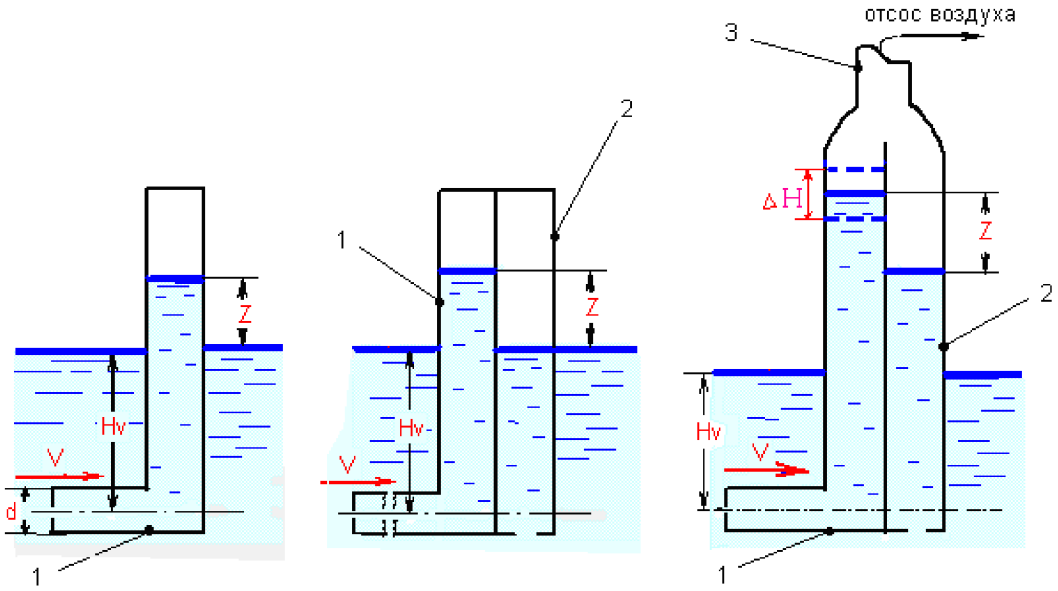



*Рис. 1- Основные разновидности известных гидрометрических трубок:*
*А) трубка Пито; Б) трубка Пито-Дарси; В) трубка Пито-Дарси с отсосом воздуха*

*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,*
*ΔH – 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 (ΔН 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:

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

где V – измеренное значение скорости воды,

$$4{,}43 = \sqrt{2g} = \sqrt{2x9{,}81} = \sqrt{19{,}62}\,,$$

g = 9,81 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 (H1-H2) извлекает квадратный корень;
- полученный результат $\sqrt{(H1-H2}$ умножает на коэффициент 4,43.

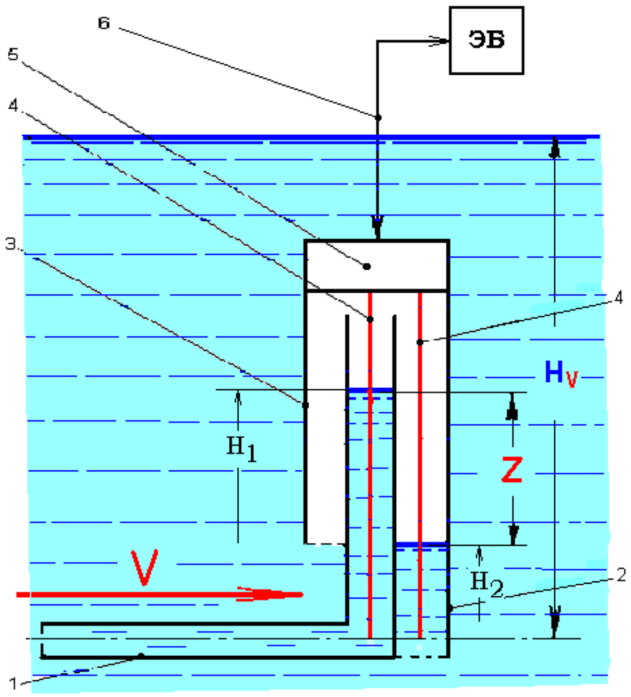



*Рис. 2- Схематический чертеж ИСВ-Е:*
*А) трубка Пито; Б) трубка Пито-Дарси; В) трубка Пито-Дарси с отсосом воздуха*

*Условные обозначения:*

*V – измеряемая скорость потока воды; Hv – глубина точки измерения скорости воды;*
*Z =(H1-H2) – 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 натурных 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 ± 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, шчитли сувчикаргичнинг такомиллаштирилган варианти - даргот-сувулчагич устида утказилган экспериментал тадкикот натижалари келтирилган. Даргот-сувулчагичнинг битта турулчамлилигининг сарф коэффициентини ракамли кийматини топиш хамда уни аниклаштириш буйича экспериментал тадкикотлар утказилган. Олинган маълумотларни тахлил килиш натижалари келтирилган: сув сарфи икки марта узгарганда, сарф коэффициенти кийматининг узгариши ± 1,0 % ни ташкил килган. Шунга асосланиб, даргот-сувулчагичнинг таклиф килинган конструкцияси ирригация тизимларининг очик каналларидаги сув сарфини етарли даражада аник ва ишончли улчаш имконини берадиган универсал восита сифатида ишлатлиши 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 ± 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.

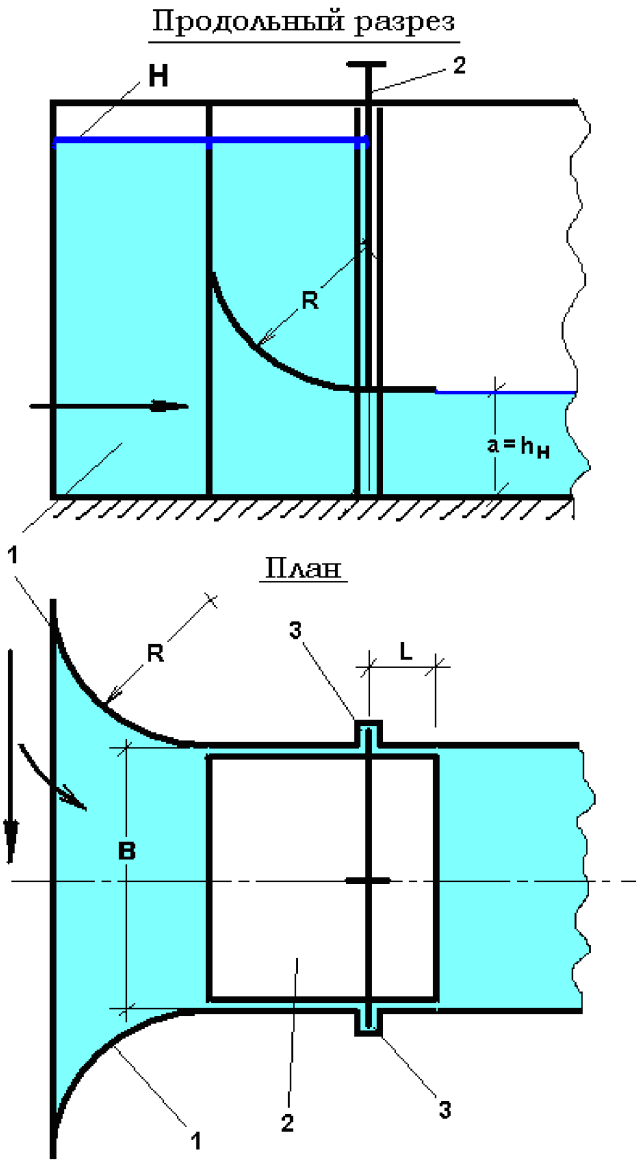



*Рис. 1 - Схематическая конструкция выбранного типоразмера шлюза-водомера*

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 Янгибазарском 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,
а - величина открытия щита,
в – ширина щитового затвора,
g = 9,81 м/сек$^2$ - значение ускорения свободного падения,
Н – напор воды верхнего бьефа.

По результатам проведенных исследований вышеописанного шлюза-водомера экспериментальное значение коэффициента расхода μ находилось в пределах от 0,9 до 0,92. При этом значение относительных открытий щита а/Н 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 ± 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 суғориш технологияларини ерларнинг лазер ускунаси ёрдамида текислаш, эгатларга перфорация қилинган қора полиэтелен плёнка тўшаб суғориш, кўчма йиғиладиган полиэтилен суғориш новларини ва эгилувчан полиэтилен қувурлар ёрдамида ўқ ариқ ўрнига сув узатиш суғориш услублари ҳамда тупроққа кам ишлов бериш, экинларни экиш ҳамда ғуза 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 полиэтелен 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 ресуртежовчи 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 $м^3$/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 $м^3$/га ва жорий қилинаётган янги технологияда 580 $м^3$/га меъёрда, 16.07.2013 да 1100 $м^3$/га, 500 $м^3$/га, 06.08.2013 йилда 1000 $м^3$/га, 650 $м^3$/га, жами суғоришлар меъёри анъанавий суғорилган далада 3000 $м^3$/га, жорий қилинаётган янги технологияда 1600 $м^3$/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*

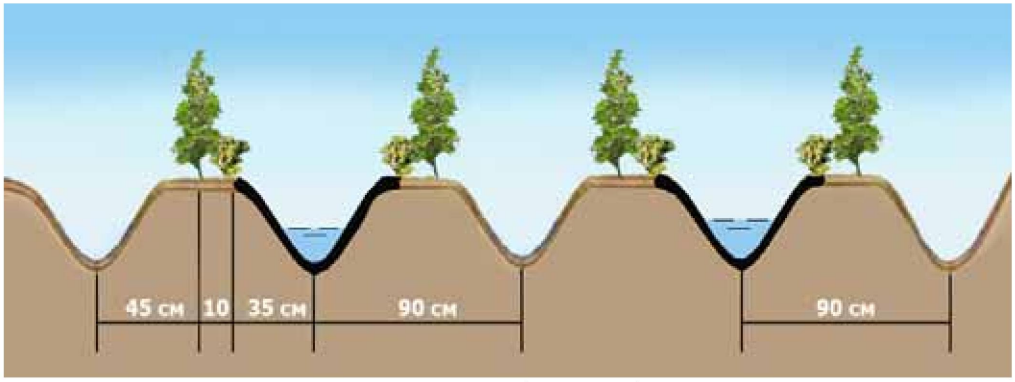




*2 расм - “Эсонбой ота” фермер хўжалиги даласида 01.05.2013. да пуштага экадиган сеялкада пахта билан мошни биргаликда экиш*

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.

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




*3 Расм - Ғўза ва мошни пуштага бирга экиб етиштириш схемаси*





*4 расм - Суғориш эгатларини мулчалаб пуштада пахта билан биргаликда мош етиштириш*







*5 расм - Кузги буғдойни пуштага экиб КСН-50 ва эгилувчан полиэтилен қувурларидан фойдаланиб суғориш 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, $м^3$/га | | | Мавсумий суғориш меъёри, брутто $м^3$/га | Инъфилтрация , $м^3$/га | Ташлама , $м^3$/га | Мавсумий суғориш меъёри, нетто $м^3$/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 | **1600** | 224 | 80 | 1296 | 0,81 |
| Анъанавий суғориш усули | 200 | 0,00075 | 0,36 | 900 | 1100 | 1000 | **3000** | 730 | 470 | 1800 | 0,60 |

2 жадвал - Пахтакор туманидаги "УЯС" фермер хўжалиги даласида экилган кузги буғдойнинг 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, м3/га | | | Мавсумий суғориш меъёри, брутто м3/га | Инъфилтрация , м3/га | Ташлама , м3/га | Мавсумий суғориш меъёри, нетто м3/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, қатор оралатиб қора перфорация қилинган полиэтилен плёнкалар тўшаш, ҳамда кузги буғдойни 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 $м^3$/га | 1 кг ҳосил етиштириш учун кетган сув миқдори, $кг/м^3$ | Сувдан фойдаланиш маҳсулдорлиги | Маҳсулот бирлигининг баҳоси, минг сўм | Даромад, минг сўм | Сувнинг маҳсулдорлиги, сўм/$м^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Лазер ускунаси ёрдамида текисланган майдонда қора полиэтилен плёнка тўшалган эгатларга ППЛ-50 ва КОПО ёрдамида суғориш | **Пахта** | | | | | | |
| | 48,2 | **1600** | 1,18 | 1,64 | 917,502 | 4422,360 | |
| | **Мош** | | | | | | |
| | 13,1 | | | | 2000 | 2620,000 | |
| | | | | | | 7031,360 | 4395 |
| Анъанавий суғориш усули | 39,5 | **3000** | 0,72 | - | 917,502 | 3624,133 | 1208 |
| Лазер ускунаси ёрдамида текисланган майдонда Кузги буғдойни КСН-50 ва эгилувчан полиэтилен қувурларидан фойдаланиб суғориш | **Кузги буғдой** | | | | | | |
| | 50,55 | **3400** | 1,63 | 1,66 | 390 | 1971,45 | 580 |
| Анъанавий суғориш усули | 41,69 | **4190** | 0,99 | - | 390 | 1625,91 | 388 |

**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 маротаба 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$^3$/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 Амударьё, Кашкадарьё, Шероботдарьё, Сурхандарьё, 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 ифлосланиш 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, Шерабаддарья, Сурхандарья, Зеравшан, каналов Аму-Бухара, Аму-Занг, КМК, Куймазарского и Талимарджанского воджохранилищ.*

*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, Шерабаддарья, 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 надежность 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 возрастет 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, загрязненных пестицидами и минеральными удобрениями. Большинству рек бассейна Амударьи в их среднем и нижнем течениях 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 Туямуюн (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: Кашкадарьи, Зеравшан, Сурхандарьи, Шерабаддарьи, 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: pH, 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$^0$ (ПДК 30$^0$), 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 вжудга келадиган босимни сув хайдовчи тизимида тақсимланишининг гидравлик кўрсаткичларини аниқлаш услуби 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 подьема 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).

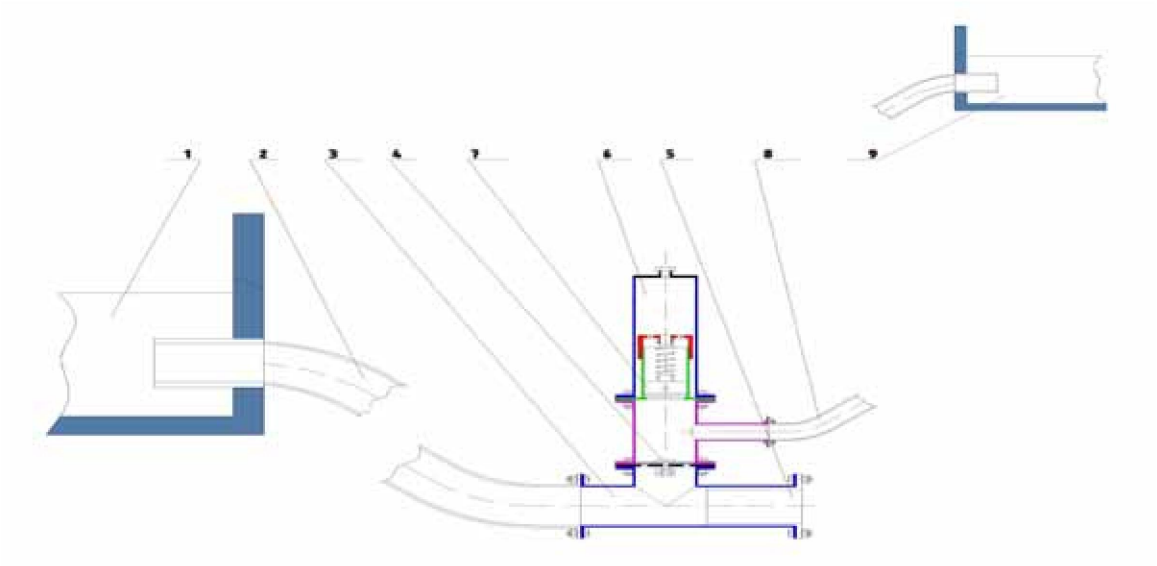


*Рис. 1 - Схема работы гидротаранной установки, общий вид*

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 $\vartheta$ [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)

$$m(\vartheta_{кон} - \vartheta_{нач}) = P\Delta t ,$$

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

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:

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

Откуда можно получить основную формулу Н.Е. Жуковского:

$$\Delta p = \rho\vartheta c , \qquad (1)$$

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

$$\frac{m(\vartheta^2{}_{кон} - \vartheta^2)}{2} = \int_0^{\Delta l} Pdl \ , \qquad (2)$$

Левая часть равенства определяется:

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

правая часть - $\int_0^{\Delta l} Pdl$ - 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).

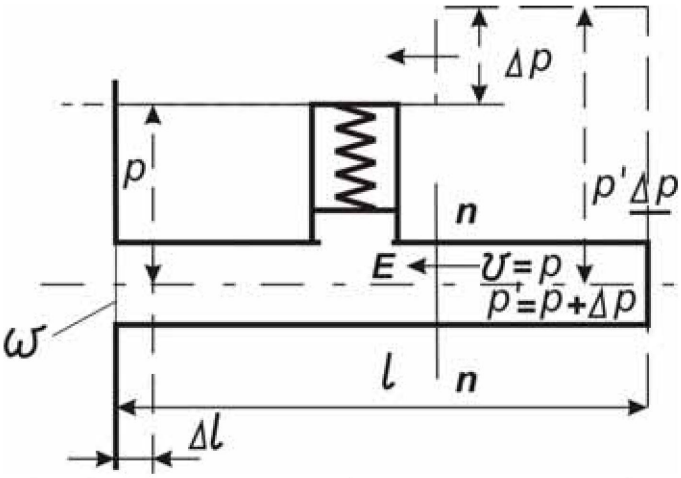



*Рис. 2 - Определение скорости и давление в сечении гидротарана*

Дополнительная энергия возникающая после гидравлического удара будет равна,

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

Результирующее уравнение сохранения энергии записываем как равенство:

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

Откуда:

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

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:

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

Откуда

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

Или

$$\Delta p = \vartheta \sqrt{\rho K}\,, \qquad (4)$$

Сопоставляя (2) и (4), получаем

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

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

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

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 $\rho = 900 \frac{кг}{м^3}$, поэтому скорость распространения ударной волны:

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}} = \sqrt{\frac{19{,}62.10^8}{900}} = 1476.48231 \frac{м}{сек}\,,$$

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

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

или, разделив на *pg,* получим в метрах:

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

Обсуждение результатов исследований

Следовательно, для гидравлических жидкостей плотность $\rho = 900 \frac{кг}{м^3}$, и $c = 1476.48231 \frac{м}{сек}$, тогда $\Delta p = \vartheta 1.3 \cdot 10^6 \, Па$. [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).

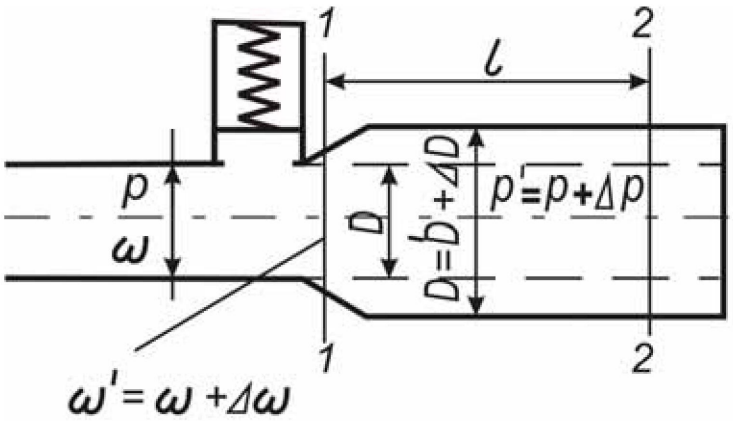



*Рис. 3 - Изменение сечение трубы (корпуса) при гидравлическом ударе*

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

$$c = \sqrt{\frac{K_0}{\rho}} \tag{6}$$

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

$$\frac{1}{K_0} = \frac{1}{K} + \frac{D}{\delta\varepsilon} \tag{7}$$

Откуда

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

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:

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

Или при

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

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

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

$$\Delta p = \rho\vartheta c = \frac{1476.48231\rho\vartheta}{\sqrt{1 + \frac{K}{\varepsilon}\frac{D}{\delta}}} \tag{9}$$

Для гидрораспределителя [3]

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

Тогда:

$$\Delta p = \frac{1476{,}48231\rho\vartheta}{\sqrt{1 + 0{,}1.1750}} \approx 111\rho\vartheta$$

В частности, если $\vartheta = 2\frac{м}{сек}$ 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 уравнительные 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 движении 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 безопастности 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. Джураев, Р.Х. Бейтуллаева, Э.К. Мамадиёров***
*(ТИИМ)*

*Мақолада Талимаржон сув омборида электр энергиясини ишлаб 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 объемы 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 режиме 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 аккумулирования энергии и генерирования пиковой мощности. В периоды пониженной нагрузки ГАЭС заряжается при удельном расходе условного топлива базисными электростанциями $G_н$ = 0,25-0,27 кг/ (кВт·ч). В генерирующем режиме ГАЭС заменяет нагрузки теплоэнергетических установок в пиковых режимах с удельным расходом условного топлива – $G_г$ = 0,5 кг/ (кВт·ч). Если кпд ГАЭС принимать $\eta$ = 0,70-0,75, то удельная экономия топлива $\Delta G = (G_г - G_н)/\eta$ 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 достичь 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 аккумулирования 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$^3$. 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$^3$/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$^3$/с. Имеющиеся возможности и благоприятные условия в районе Талимарджанского водохранилища способствуют созданию комплекса с гидроэнергетичес-кими 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 $м^3/с$.

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 $2A/H_p = 0{,}26$ (2А – 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 $30^0$. 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).

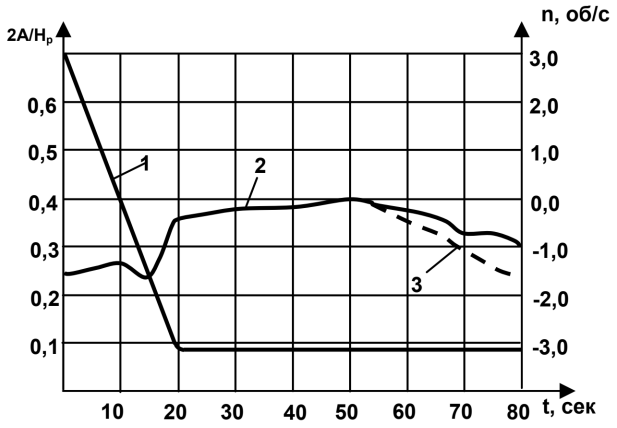



*Рис. 2 - Интенсивность пульсации давления при остановке насосного агрегата 2400 ВР–25/25*
*1 – изменение частоты вращения вала насоса; 2 – интенсивность пульсации давления под рабочим колесом насоса; 3 - интенсивность пульсации давления под рабочим колесом насоса при регулировании направляющего аппарата*

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]

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

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:

$$\left.\frac{\partial h(\bar{z},\tau)}{\partial\tau}\right|_{L_1\le\bar{z}\le L} = -\frac{e^{-\gamma\tau}}{\Delta_0(\mu-\theta_m)}\left\{\frac{2}{Pe(1+\sqrt{D})}\left[\exp\left(\frac{Pe\ (1-\sqrt{D})}{2}\hat{\varphi}\right)-\exp(\lambda\hat{\varphi})\right]*\right.$$
$$*\left(\exp\left(\frac{Pe\ (1+\sqrt{D})}{2}L-\exp\left(\frac{\hat{Pe}\ (1+\sqrt{D})}{2}\hat{L}_1\right)\right)+\frac{2}{Pe\ (1-\sqrt{D})}\left[\exp(\lambda\hat{\varphi})-\exp\left(\frac{Pe\ (1-\sqrt{D})}{2}\hat{\varphi}\right)\right]*\right.$$
$$\left.\left.\left(\exp\left(\frac{Pe\ (1-\sqrt{D})}{2}L-\exp\left(\frac{\hat{Pe}\ (1-\sqrt{D})}{2}\hat{L}_1\right)\right)\right\}\right. \qquad (2)$$

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]:

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

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

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

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

где: $n$ - количество капилляров. Заметим, что $\Delta\theta = \theta_m - \theta_0$ соответствует водоемкости 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]:

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

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

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]:

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

$$* \left( \exp(\frac{Pe\ (1+\sqrt{D})}{2} L - \exp(\frac{Pe\ \hat{(}1+\sqrt{D})}{2} \hat{L}_1) \right) + \frac{2}{Pe\ (1-\sqrt{D})} \left[ \exp(\lambda \hat{\varphi}) - \exp(\frac{Pe\ (1-\sqrt{D})}{2} \hat{\varphi}) \right] *$$

$$\left. \left( \exp(\frac{Pe\ (1-\sqrt{D})}{2} L - \exp(\frac{Pe\ \hat{(}1-\sqrt{D})}{2} \hat{L}_1) \right) \right\}^{-1} \qquad (8)$$

где: $W_1\big|_{\tau}^{z}$ (размерность-$[\frac{метр}{сут}]$) - притока влаги через единицу поперечного сечения грунта за единицу времени; $W_2\big|_{\tau+d\tau}^{z+dz}$ (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 натурных исследований. Результаты численных и натурных экспериментов представлены на графике (рис. 1.).

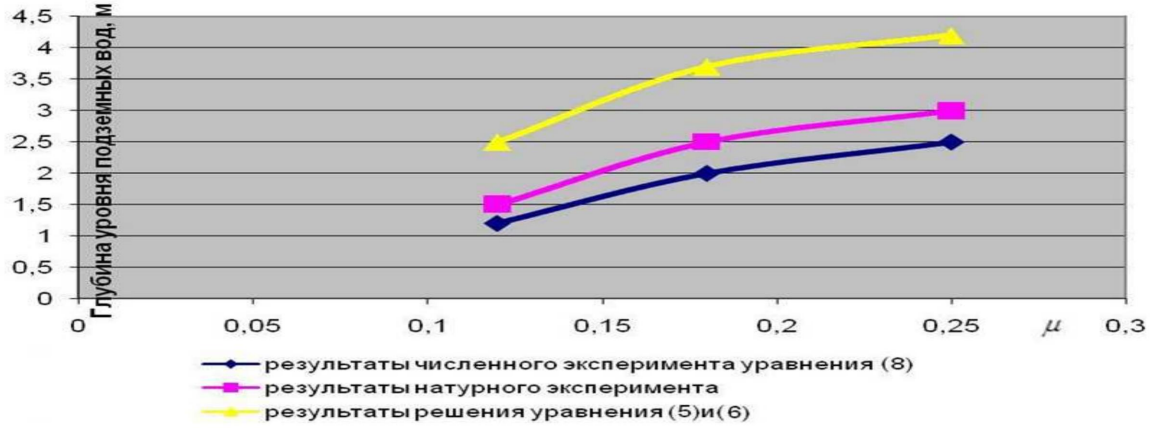



*Рис. 1 - Сопоставление результатов численных и натурных экспериментов*

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 $3H_к$.

Моделирование подъема уровня в суглинках ($\theta_m = 0.45$, $\theta_0 = 0.2$, $к = 2 \cdot 10^{-2} \frac{м}{сут}$, $H_к = 1м$) 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. Гаппаров, Ж.Ж. Нарзиев, Д.Г Ахмеджанов***
*(НИИИВП при ТИИМ, ТИИМ)*

*Дисперс аралашмадаги майда заррачаларнинг тебраниш ва чукиш конунияти аралашма концентрацияси узгаришига боглик 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. Рахматулина [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:

$$\rho_{1i}\left(\frac{\partial w_1}{\partial t}+w_1\frac{\partial w_1}{\partial z}\right)=-\rho_{1i}g-\frac{\partial P}{\partial z}-\frac{k}{f_1}(w_1-w_2)+\frac{\mu_1}{f_1}\frac{\partial}{\partial z}\left(f_1\frac{\partial w_1}{\partial z}\right)$$
$$\rho_{2i}\left(\frac{\partial w_2}{\partial t}+w_2\frac{\partial w_2}{\partial z}\right)=-\rho_{2i}g-\frac{\partial P}{\partial z}-\frac{k}{f_2}(w_2-w_1)+\frac{\mu_2}{f_{21}}\frac{\partial}{\partial z}\left(f_2\frac{\partial w_2}{\partial z}\right) \quad (1)$$

А уравнение неразрывности напишем следующим образом:

$$\frac{\partial f_1}{\partial t}+\frac{\partial(f_1w_1)}{\partial z}=0$$
$$\frac{\partial f_2}{\partial t}+\frac{\partial(f_2w_2)}{\partial z}=0 \quad (2)$$

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]:

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

и граничные условия:

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

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

$$\frac{\partial(f_1w_1+f_2w_2)}{\partial z}=0$$

откуда находим:

$$f_1w_1+f_2w_2=f_{10}w_{01}+f_{20}w_{20} \quad (6)$$

Зависимость между скоростями обеих слоев имеют вид:

$$w_1=\frac{1}{1-f_2}\left[f_{10}w_{01}+f_{20}w_{20}-f_2w_2\right] \quad (7)$$

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

$$\rho_{2i}\left(\frac{\partial w_2}{\partial t}+w_2\frac{\partial w_2}{\partial z}\right)=-\frac{\partial P}{\partial z}-\frac{k}{f_2}\left(\frac{w_2}{1-f_2}\right)+\frac{\mu_2}{f_{21}}\frac{\partial}{\partial z}\left(f_2\frac{\partial w_2}{\partial z}\right)$$
$$\rho_{1i}\left[\frac{\partial}{\partial t}\left(-\frac{f_2w_2}{1-f_2}\cdot\frac{f_{20}w_{20}}{1-f_2}\right)\right]+\frac{f_{10}w_{01}+f_{20}w_{20}-f_2w_2}{1-f_2}\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{f_{10}w_{01}+f_{20}w_{20}-f_2w_2}{1-f_2}\right)=$$
$$=-\rho_{1i}g-\frac{\partial P}{\partial z}-\frac{k}{f_1}\left(w_2-\frac{f_2}{1-f_2}w_2\right)+\frac{\mu_1}{f_1}\frac{\partial}{\partial z}\left[f_1\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{f_{10}w_{01}+f_{20}w_{20}-f_2w_2}{1-f_2}\right)\right] \quad (8)$$

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:

$$\begin{aligned}&\frac{\partial w_2}{\partial t}+\beta\frac{\partial}{\partial t}\left[\frac{f_2}{1-f_2}w_2\right]+w_2\frac{\partial w_2}{\partial z}-\beta\frac{f_2}{1-f_2}w_2\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{f_2w_2}{1-f_2}\right)=g(1-\beta)+\\&+\frac{\mu_2}{f_2\rho_{2i}}\frac{\partial}{\partial z}\left(f_2\frac{\partial w_2}{\partial z}\right)+\frac{\mu_1}{f_2(1-f_2)\rho_{2i}}\beta\frac{\partial}{\partial z}\left[(1-f_2)\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{f_2w_2}{1-f_2}\right)\right]-\frac{kw_2}{f_2(1-f_2)^2\rho_{2i}}\end{aligned}\qquad(9)$$

уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial f_2}{\partial t}+\frac{\partial f_2w_2}{\partial z}=0$$

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:

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

$k$ - коэффициент взаимодействия фаз.

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

$$u_2=u_{20}+u_2';\qquad w_2=w_{20}+w_2';\qquad f_2=f_{20}+f_2';\qquad f_{10}+f_{20}=1\qquad(11)$$

Тогда, исключая градиент давления из системы уравнений (1) и учитывая малость возмущений $u_2'$, $w_2'$ и $f_2'$, а также введя безразмерные переменные $u_2'=u_{20}\theta_2$, $w_2'=u_{20}w\theta_2$; $t=\frac{L}{u_{20}}\tau$, получим следующую систему уравнений для скорости и концентрации второй фазы – соли или соленосных примесей, в виде[1] [2] [3]:

$$a\frac{\partial\theta_2}{\partial\tau}+b\frac{\partial\theta_2}{\partial\xi}+b\frac{w_{20}}{u_{20}}\frac{\partial\theta_2}{\partial\xi}=c_2\nabla^2\theta_2-k_0\theta_2$$

$$a\frac{\partial w_2}{\partial \tau}+b\frac{\partial w_2}{\partial x}+b\frac{w_2}{u_{20}}\frac{\partial w_2}{\partial z}=c\nabla^2 w_2-k_0 w_2-\frac{1-\rho}{Fr_2} \qquad (12)$$

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

где

$$c_2=\frac{1}{\mathrm{Re}_1}\left(1+\rho\frac{f_{20}^2}{(1-f_{20})^2}\right); \qquad c_0=\frac{1}{\mathrm{Re}_1}\frac{f_{20}}{1-f_{20}}; \qquad k_0=\frac{kL}{\rho_{2i}u_{10}(1-f_{20})^3};$$

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

$L$ - характерная длина.

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

$$w_2(x,z,\tau)=\frac{1}{2\left(\sqrt{c_2^*\pi\tau}\right)^3}\int_{-\infty}^{\infty}d\xi\int_0^{\xi}\varphi_1(\xi,\eta)\exp[-\beta_1\xi-\gamma_1\zeta]\left[\exp\left[-\frac{(x-\xi)^2+(z-\zeta)^2}{4\tau c_2^*}\right]-\right.$$

$$\left.-\exp\left[-\frac{(x-\xi)^2+(z+\zeta)^2}{4\tau c_2^*}\right]\right]d\zeta$$

Пользуясь полученными решениями равенств (2) и (3), распределение скоростей и концентрации несущей жидкости $u_1(x,z,\tau)$, $w_1(x,z,\tau)$ и $f_1(x,z,\tau)$ определяются из равенств

$$u_1(x,z,\tau)=-\frac{f_2(x,z,\tau)}{1-f_2(x,z,\tau)}u_2(x,z,\tau)$$

$$w_1(x,z,\tau)=-\frac{f_2(x,z,\tau)}{1-f_2(x,z,\tau)}w_2(x,z,\tau)$$

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: Гидрометеоиздат, 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.

УДК 532.5

# 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 ambiences 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 инициирующего воздействия появляющихся пузырей зависит от стадии развития кавитации. По структурным признакам выделяют мелкопузырчатню 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 $\sigma \succ 0$ 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 размыта 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 $\sigma \succ 0$ 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: $\sigma = -C_{p.пер} + 0{,}03\,0$. Для снижения уровня

начальных чисел кавитации применяют специальные профилировки носовых очертаний тел вращения, в частности предотвращающих ламинарный отрыв (например, тело Шибе, 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:

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

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:

$$\sigma_1 = -C_{р.ш} + \frac{\left(1 - C_{р.ш}\right)}{\sigma_{ш}} \qquad (2)$$

где $C_{р.ш.}$ - 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 $C_{xf}$;

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

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:

$$\sigma_{вихр} = a + b\,\mathrm{Re}^{n},$$

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

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

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 нестацинарное, осесимметричное и циркуляционное течение, но с дополнительными условиями.

Предполагается, что обе фазы смеси (вода и воздух) несжимаемы, радиальные скорости фаз - $\vartheta_{nr}$, значительно меньше, чем тангенциальные скорости - $\vartheta_{n\theta}$ и осевые скорости - $\vartheta_{nz}$. 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]:

$$\rho_n \frac{\partial \vec{\vartheta}_n}{\partial t} + \rho_n \left[ rot\, \vec{\vartheta}_n \vec{\vartheta}_n \right] = -\rho_n grad \frac{\vartheta_n^2}{2} - f_n gradp - \rho_n gradu_n + \mu_n \Delta^2 \left( f_n \vec{\vartheta}_n \right) \qquad (5)$$

где $\sigma -$ число кавитации.

$$\rho_n = f_n \rho_{ni}, \quad \vec{\vartheta}_n = \vartheta_{n\theta} \vec{e}_\theta + \vartheta_{nr} \vec{e}_r + \vartheta_{nz} \vec{e}_z$$

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

$\vec{\vartheta}_n$ - вектор скорости $n$-фазы смеси.

$\vartheta_{n\theta}, \vartheta_{nr}, \vartheta_{nz}$ - 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

$$\frac{\hat{\vartheta}_{n\theta}^2}{r} = f_i \frac{\partial \hat{\rho}}{\gamma_i} + \frac{1}{Fr} \frac{\partial \hat{\Pi}}{\gamma_i}$$

$$\frac{\partial \hat{\vartheta}_{n\theta}}{\partial \hat{z}} = \frac{1}{\mathrm{Re}_i} \frac{\nu_n}{\nu_i} + \frac{\partial^2 \hat{\vartheta}_{n\theta}}{\hat{\gamma}_i^2} + \frac{1}{\hat{r}} \frac{\partial \hat{\vartheta}_{n\theta}}{\gamma_i} - \frac{\hat{\vartheta}_{n\theta}}{\hat{r}^2} + K \left( \hat{\vartheta}_{p\theta} - \hat{\vartheta}_{n\theta} \right) \qquad (6)$$

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:

$$\sigma = \frac{p_\infty}{\frac{\hat{\rho} \left( \hat{\vartheta}_{p\theta} - \hat{\vartheta}_{n\theta} \right)^2}{2}} \qquad (7)$$

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 появлений пузырей в жидкости (рис. 2.).

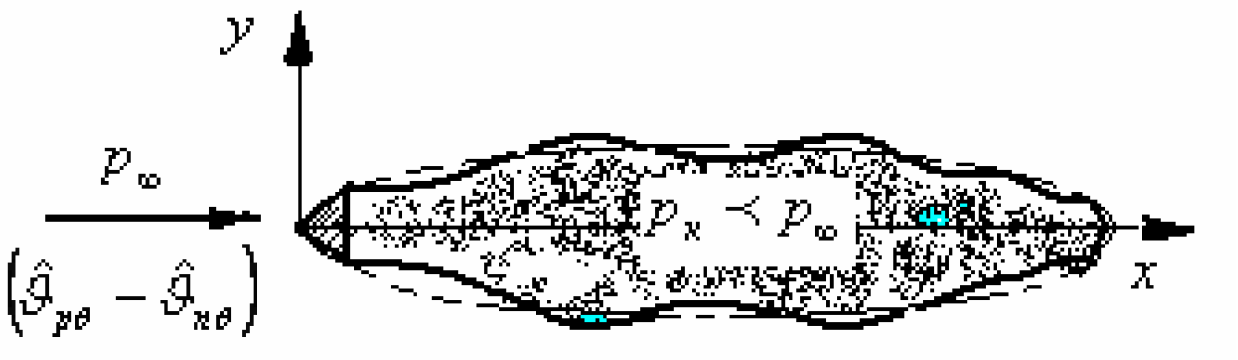



*Рис. 2 – появления пузырей в многофазной жидкости*

*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 оралигидаги 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, dividedby 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 $\rho_2 = \rho_{21i} f_2$., 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 обоих 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 $l = l_2 - l_1 \prec h$. 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]

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

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

$$q=\frac{Q\mu_{см}}{2\pi dk}$$

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

$$\mu_{см}=\mu_1 f_1^*+\mu_2 f_2^*$$

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

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

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

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

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

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

На границе призабойной зоны выполняются равенства давлений для обеих сред:

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

и равенство потоков:

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

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]:

$$\Delta f_j-\frac{s}{\chi_j+\eta_j s}f_j=0 \tag{2}$$

с граничными условиями

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

$$f_1(R,z,s) = f_2(R,z,s) \tag{3}$$

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

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

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

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

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

$$R_2(\infty,0)=0 \tag{6}$$

Задача (5) имеет собственные функции

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

где $\lambda_n = \dfrac{n\pi}{h}$ - 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:

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

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:

$$\frac{r^2}{t} = \frac{4Tu}{S} \tag{8}$$

уравнение (7) перепишем так:

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

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 $S$.

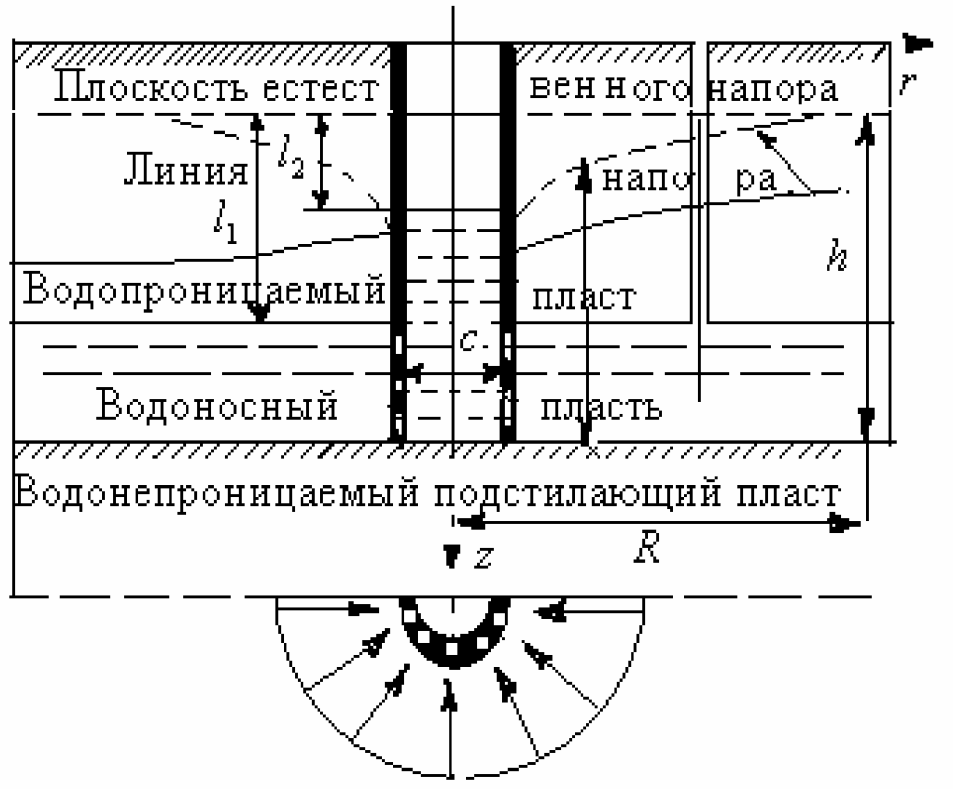



*Рис. 1 – Пространство вокруг скважины*

*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 Iowering 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 ГИДРОХИМИЧЕКИЙ РЕЖИМ Р. СЫРДАРЬЯ

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

*Сирдарё даренинг ҳавзаларида кўп йилик (1925-2011 йи.) тадқиқотларни минерализацияси даревнинг таркиби натижалар кўрилиб чиқмокда. Минерализация ўзгарилиши таҳлили Каль створидан Чиноз створигача ўтказтлмоқда. Киш мавсунида Токтогул сув амборидан сувнинг ташланиши сабабли билан 1995-1996 йи. Сувнинг сарфланиш режимида муҳим ўзгаришлар кузатилмокда.*

*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 Сырдарьи, 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 снегово-ледникового питания, как Нарын и Карадарья, наиболее водоносный приток Сырдарьи - Чирчик, крупные правые притоки Сырдарьи в Ферганской котловине, многие притоки рек Нарын, Карадарьи, Чирчик и др.

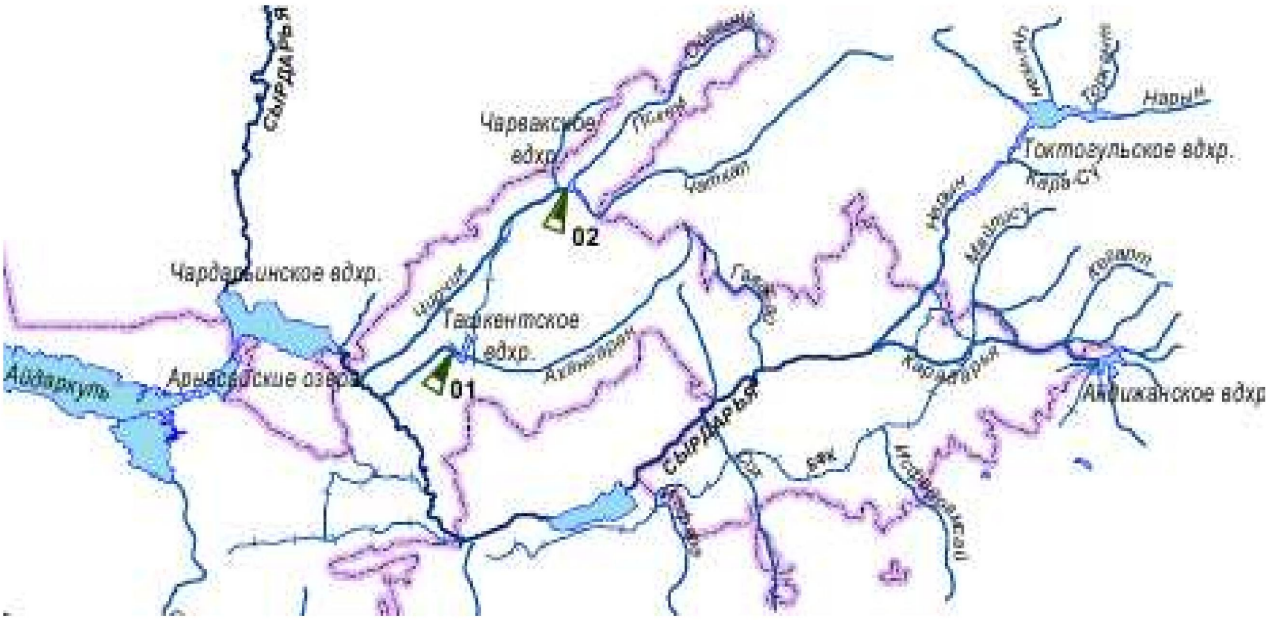



*Рис. 1 - Схема расположения бассейна р. Сырдарья*

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$^2$.

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 Зааминсая 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$^2$ 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$^3$ 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$^3$, введено в эксплуатацию в 1974 г.), Чардаринское (15,7 км$^3$, 1966 г.), Кайракумское (4,02 км$^3$,1956 г.), Чарвакское (2,0 км$^3$,1977 г.), Андижанское (1,75 км$^3$, 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 $м^3/с$ (2009г.) до 614 $м^3/с$ (2003), в 2011 г. он был равен 495 $м^3/с$.

В среднем за многолетие среднемесячные расходы воды изменялись следующим образом: в январе-марте они были равны 469-919 $м^3/с$, начиная с апреля и кончая сентябрем они изменялись от 207 до 393 $м^3/с$, 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 $м^3/с$, 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 $м^3/с$, в мае-сентябре были меньше: от 235 до 389 $м^3/с$, в октябре-декабре они возросли до 236-1010 $м^3/с$.

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

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

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

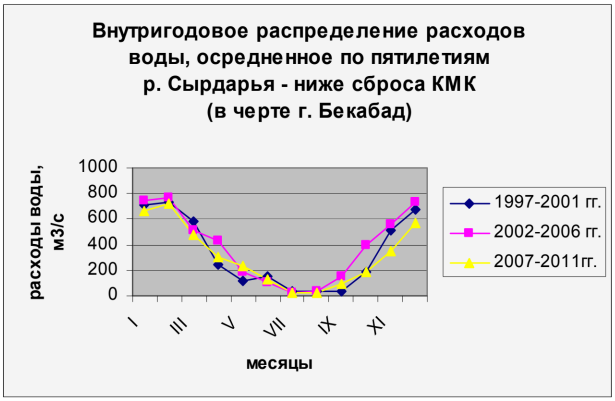
В р. Нарын (правой составляющей р. Сырдарья) у створа Учкурганская ГЭС за рассматриваемый период времени среднегодовые расходы воды изменялись следующим образом: от 398 $м^3/с$(2008 г) до 499 $м^3/с$, а в 2001 г. -462 $м^3/с$.

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

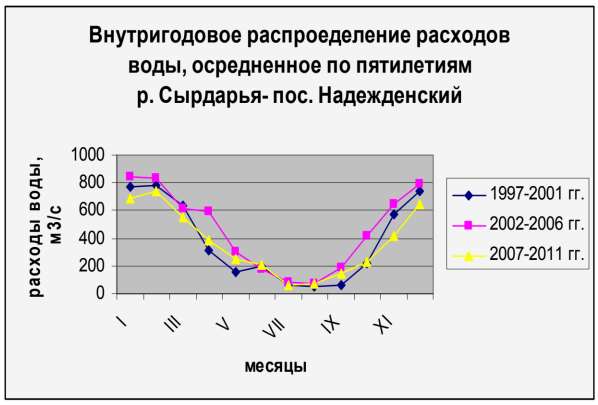
В октябре-декабре среднемесячные расходы воды изменялись в пределах 432-601 $м^3/с$, т.е. были несколько выше, чем в летние месяцы.

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

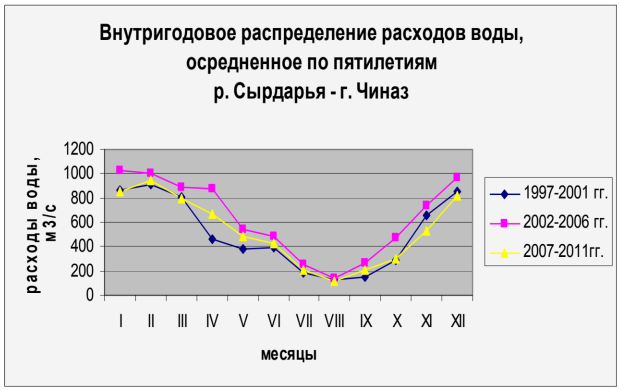
В среднем за рассматриваемые годы среднемесячные расходы воды изменялись следующим образом: в январе-марте они были равны 117-210 $м^3/с$, начиная с апреля и кончая сентябрем они изменялись от 95,2 до 181 $м^3/с$, в октябре-декабре - в пределах 124-168 $м^3/с$; т.е. наблюдалось их некоторое уменьшение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



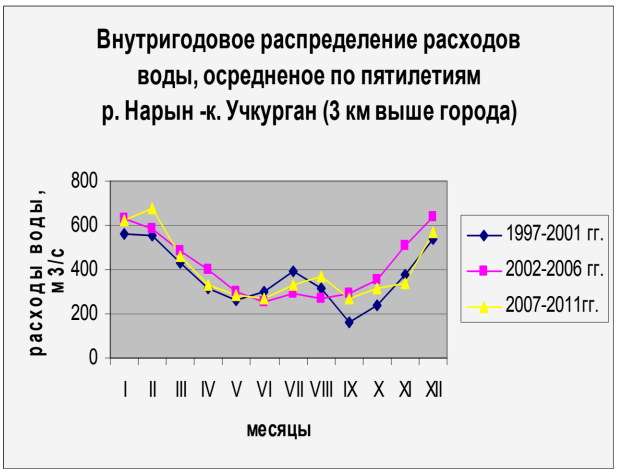

а)



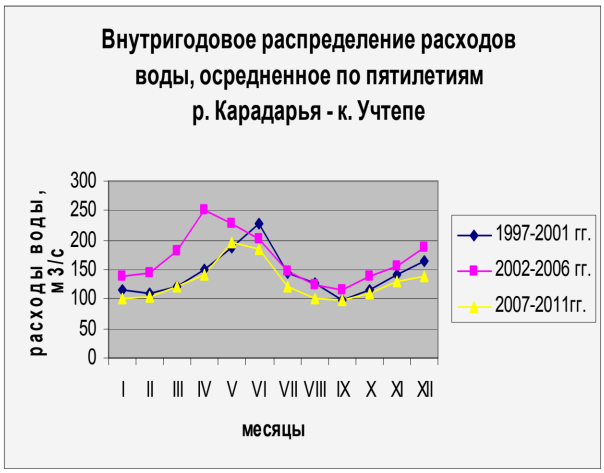

б)




в)




г)




д)

*Рис. 2 - Внутригодовое 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. Надеждинский; 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 – Надеждинский, 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).

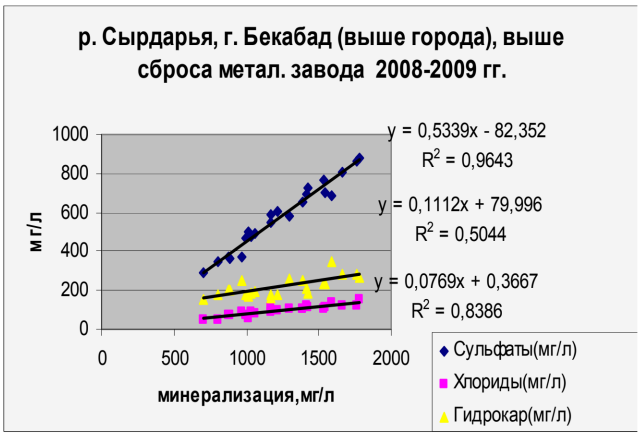
В последние годы минерализация воды в р. Нарын у г. Учкурган изменяется в пределах 0,30-0,35 г/л, по составу она сульфатно-гидрокарбонатный-натриево-магниево-кальциевая (СГ-НМК). У створа г. Наманган (к. Каль) минерализация воды повышается до 0,95-1,0 г/л, состав воды становится сульфатный-магниево-натриево-кальциевым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

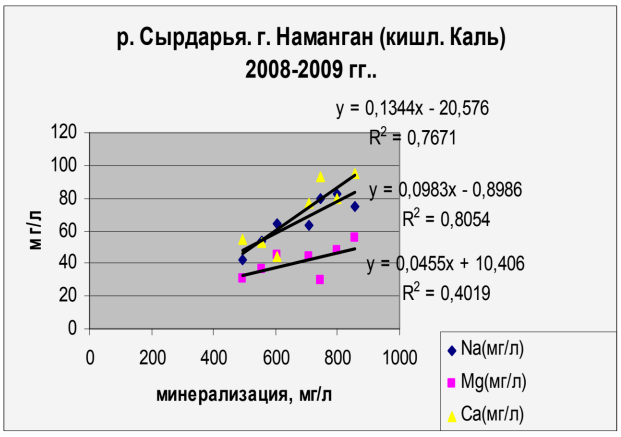
При выходе реки Сырдарья на территорию Казахстана минерализация её воды повышается до 1,0-1,1 г/л, а состав воды меняется на сульфатный-магниево-кальциево-натриевый (С-МНК).

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).

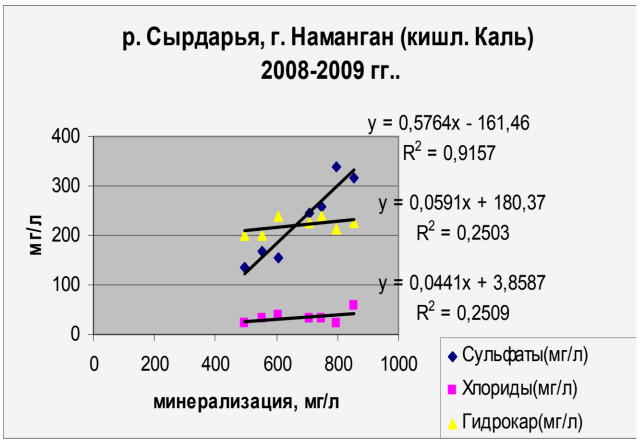
В нижнем течении р. Сырдарья - ниже устья коллектора ГПК-С среди анионов преобладает сульфатный ион (коэффициент корреляции равен 0,96), на втором месте - гидрокарбонатный ион, на третьем – хлоридный (коэффициент корреляции равен 0,84). Среди катионов преобладает ион натрия (коэффициент корреляции равен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

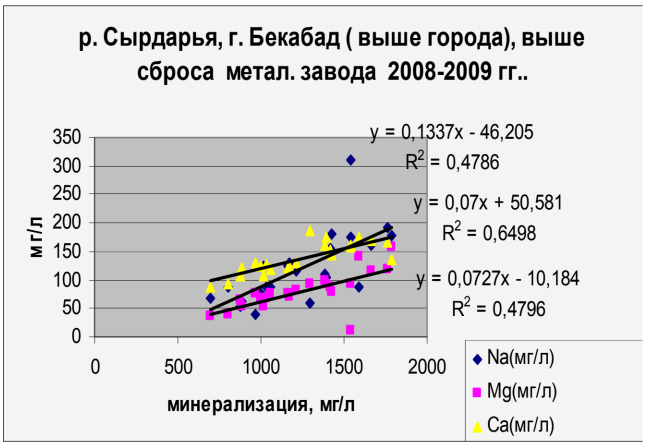
В целом закономерность изменений химического состава воды по длине реки сохраняется и в последние годы. Если в верховьях реки минерализация равна 0,38–0,44 г/л, а состав воды сульфатно-гидрокарбонатный–натриево-магниево-кальциевый (СГ-НМК), то в нижнем течении минерализация до 0,90–1,23 г/л, при этом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



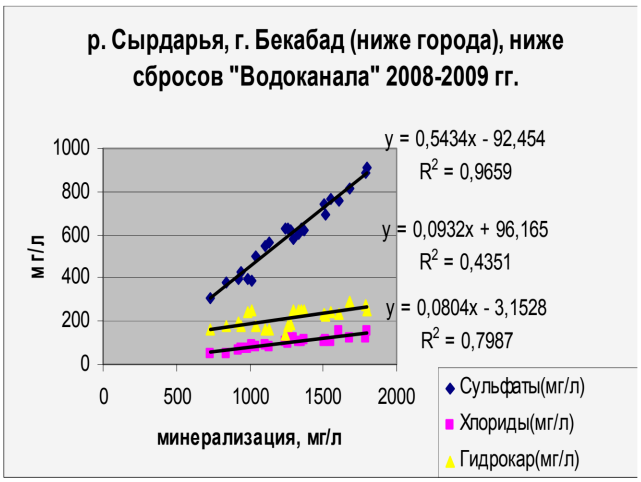



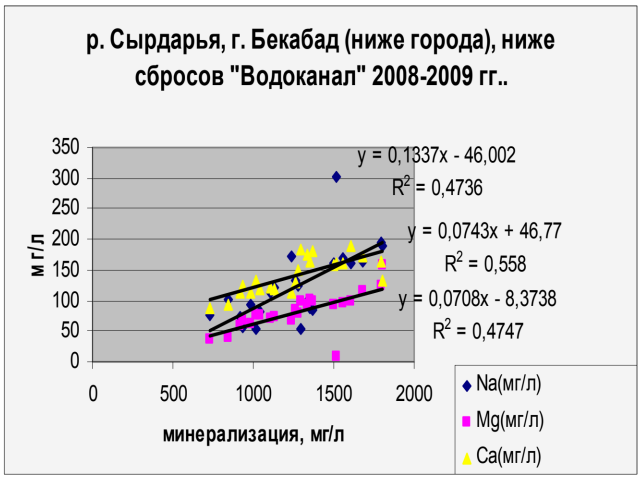

а



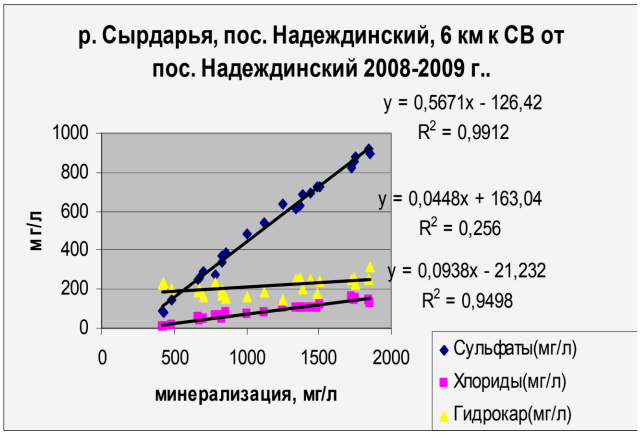



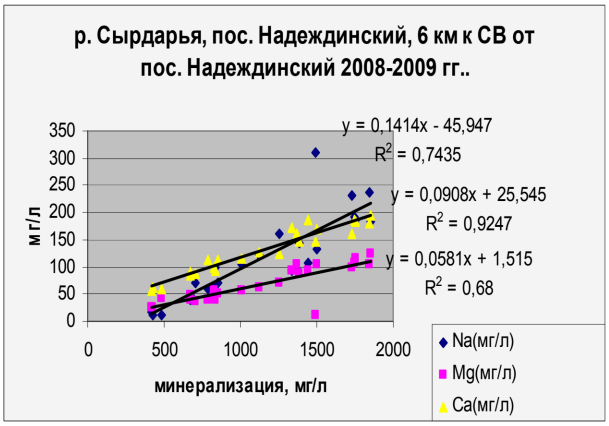

б



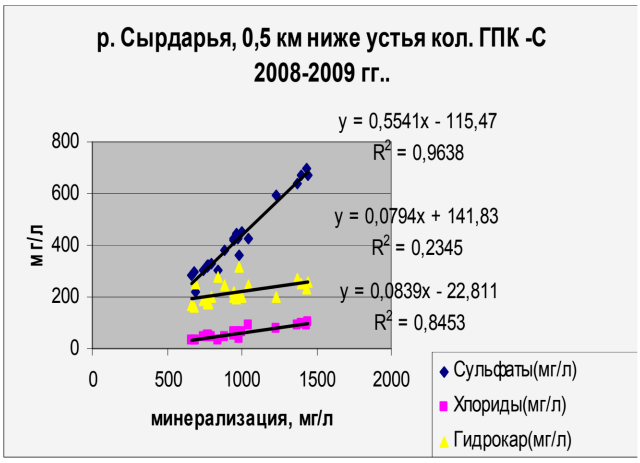



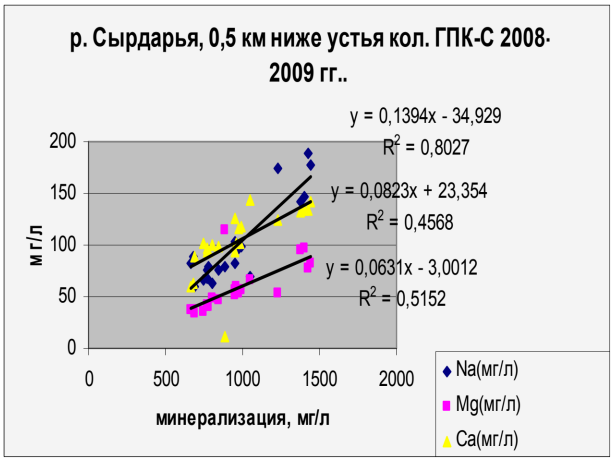

в




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 метеллургического 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. | | 1971-1980гг. | | 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 ($Cl^-$); С- сульфатный ($SO^{-2}$); 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-магниево-кальциевая (СГ-НМК). У створа Каль минерализация воды повышается до 0,95-1,0 г/л, состав воды становится сульфатным-магниево-натриево-кальйиевым (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).

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 Koksu 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 гидроэнергопотенциалом 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 гидроэнергопотенциала 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 затапливать 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 первостепенной 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 бедствия3 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 первостепенной 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**.

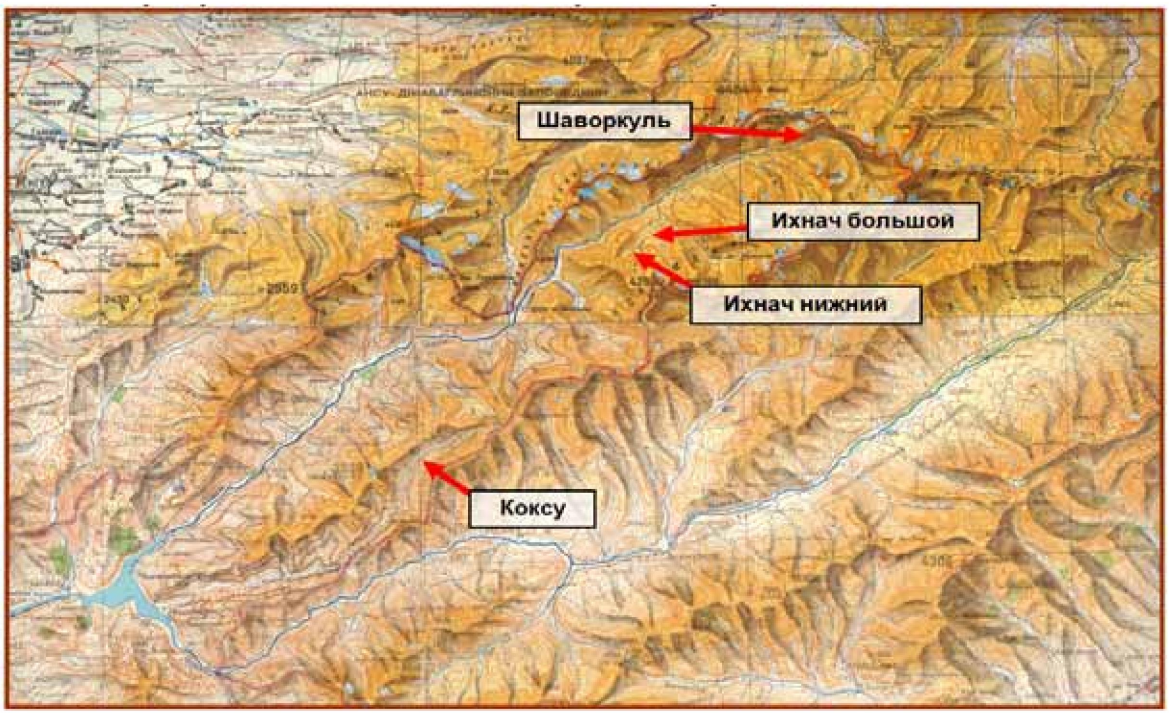



*Рис. 1 - Схема расположения высокогорных озер Ташкентской области*

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 каждых 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.

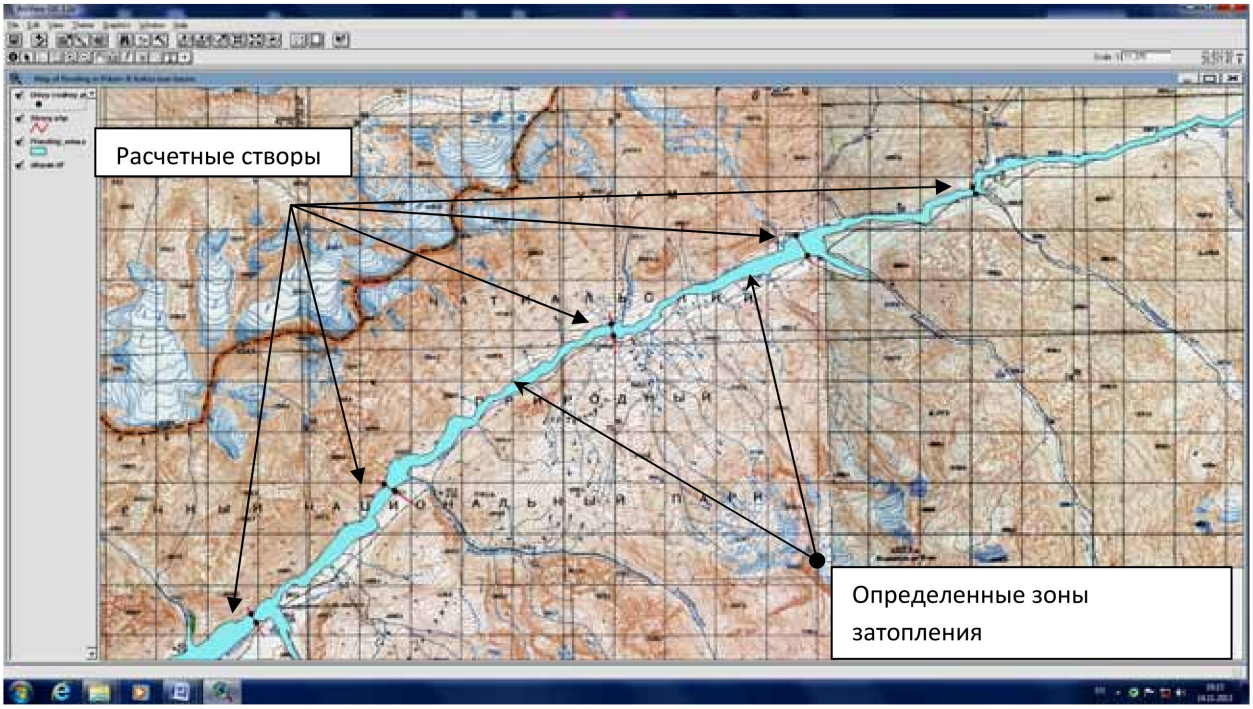



*Рис. 2 - Оцифрованная карта выявления опасных зон затопления по рекам Пскем и Коксу на платформе ArcView 3.2.a*

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, c. 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 Қуёш 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$^0$ 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, м$^3$/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$^0$ 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.

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

где $T^0_{85-65}$ – осредненная температура воздуха для области 85-65$^0$ северной широты;

$257{,}7945$ – радиационная температура планеты Земля;

$0{,}0304$ – коэффициент теплопроводности воздуха за солнечный цикл для области 85-65$^0$ северной широты планета Земля за Солнечный цикл;

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

$\lambda(10{,}7)$ – мощность излучения радиоволн Солнца, W/m$^2$.

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 H, м | Среднемноголетняя температура воздуха T, $^0$C | Среднемноголетние 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, $^0$C

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

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

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$^2$ или 1370 Вт/м$^2$).

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$^2$ (максимальный разброс составляет 1322-1428 Вт/м$^2$ при отсутствии какой-либо регулярности изменения во времени).

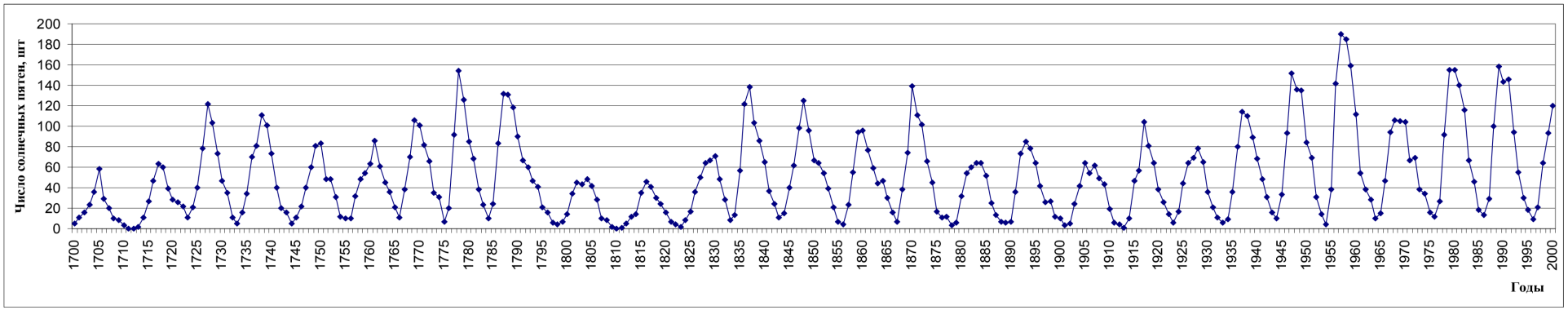
Принимая во внимание вышеизложенное, важнейшее значение имеет проблема выявления эмпирических связей солнечной активности с процессами и явлениями земной атмосферы, - так называемая проблема солнечно-земных связей. Чтобы определить уровень влияния солнечной активности стока реки Амударья, нами разработан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

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

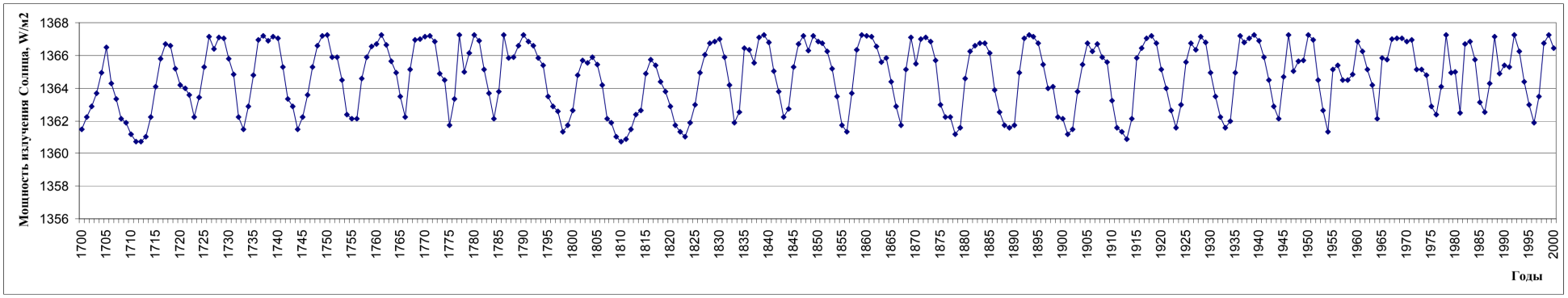
| Годы | $P_0$, W/м$^2$ | Расход воды | | Среднегодовая | Q, км$^3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | По Ермолаеву | По Шокальскому | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1887 | 1362,51 | 1380 | 1400 | 1390 | 43,83 |
| 1888 | 1361,72 | 1440 | 1460 | 1450 | 45,72 |
| 1889 | 1361,59 | 1480 | 1490 | 1485 | 46,83 |
| 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).*

а)




б)




в)

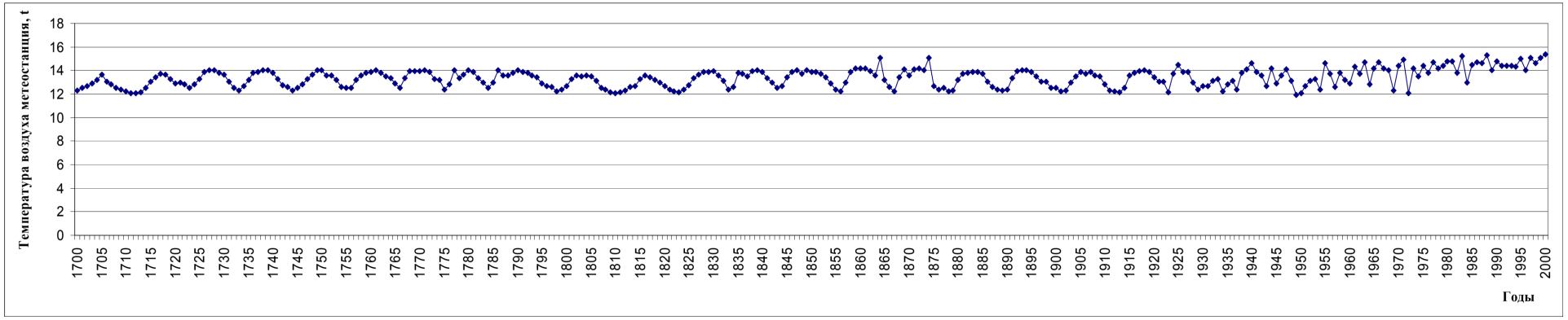



*Рис. 1 - Хронологический ряд числа солнечных пятен (а), мощность излучения Солнца (б) и температура воздуха метеостанция Ташкент*

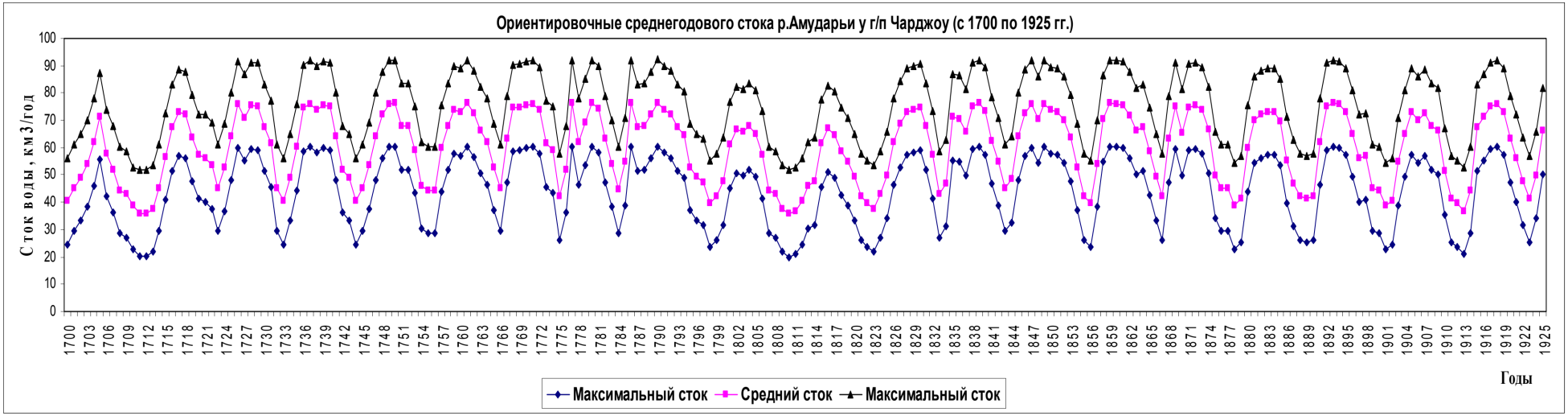



*Рис 2 - Хронологический ряд за период с 1700 по 1925 гг.*

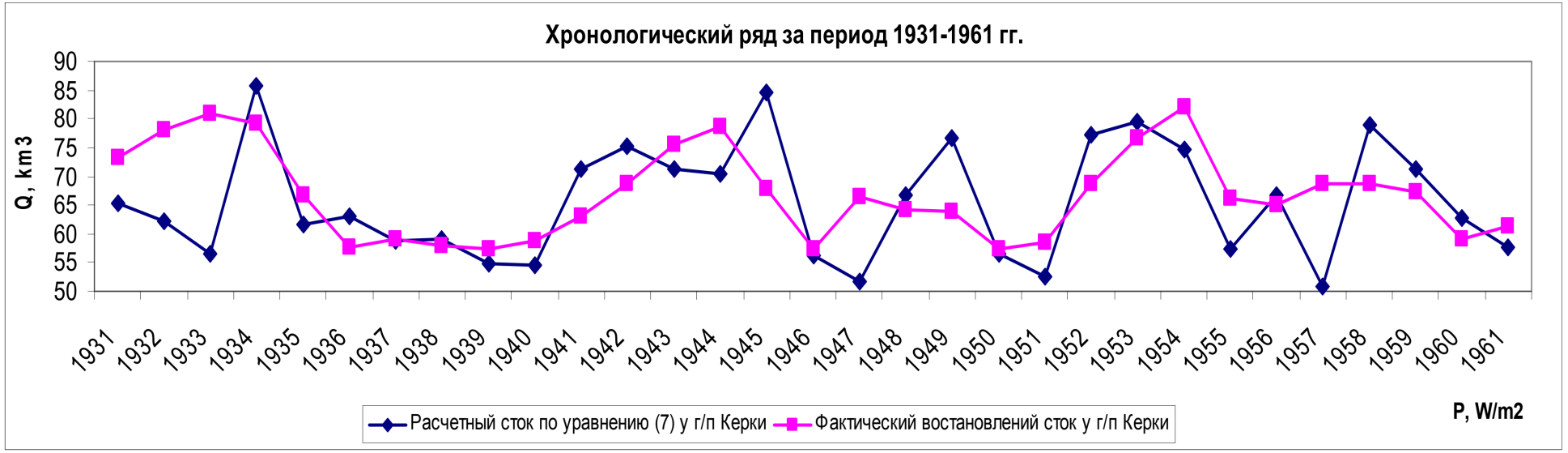



*Рис. 3 - Хронологический ряд за период с 1931 по 1961 гг*

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

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

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

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) $W/m^2$.

**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.

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

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

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

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

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

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

$P_0$ – мощность излучения энергии солнца, $W/m^2$;

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 – $12,2^0$С, тогда в 2004 году – $15,9^0$С. Среднегодовая температура воздуха за 304 года поднялась на $3,7^0$С (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, Гидрометеоиздат, 1963.

Ресурсы поверхностных вод СССР, том 14, Средняя Азия. Выпуск 3. Бассейн реки Амударьи. – Л.:, Гидрометеоиздат, 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 қамрагичининг 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, сороудерживающей 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 қарорида 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 хозирги вақтда долзарб ва ўта мухим масалаларни, жумладан 35 та насос станцияларини қайта қуриш ва реконструкция қилиш, ирригация объектларидаги 13293 дона ва сув истемолчилари ассоцацияси ҳисобидаги 11533 дона насосларни таъмирлаш вазифалари қўйилган.

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

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

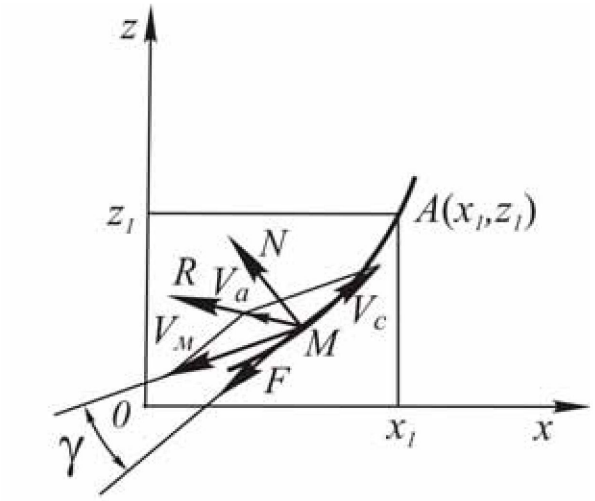
Демак, насос станцияларидаги қурилмаларнинг ишончли ишлашини таъминлаш учун сув билан бирга оқиб келаётган оқизиқларни насос станцияларига кириб келишини олдини олиш катта аҳамиятга эгадир.

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

Қурилма қамрагичини тишлари ишчи сиртларининг шаклини асослаш учун тиш ишчи сирти билан оқизиқ бўлакларининг ўзаро таъсирланиш вақти минимал бўлган шартидан келиб чиқамиз. Бунда, биринчидан оқизиқларни тишлар ишчи сирти бўйлаб енгил кўчиши таъминланади, иккинчидан технологик жараён минимал энергия сарфланган ҳолда бажарилади.

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

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




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

$$V_c = V_м \frac{\cos(\gamma + \varphi)}{\cos\varphi} = V_м(\cos\gamma - \sin\gamma\, tg\varphi); \qquad (1)$$

$$t = \int_0^{X_1} \frac{\sqrt{dx^2 + dz^2}}{V_c} = \int_0^{X_1} \frac{\sqrt{1 + (z')^2}}{V_м(\cos\gamma - \sin\gamma\, tg\varphi)} dx. \qquad (2)$$

Қурилма тишлари оқизиқларни қамраб олиш жараёнида $V_м$ горизонтал йўналган деб, (2) ифодадаги sinγ ва cosγ ларни *dx* ва *dz* орқали ифодалаймиз

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

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

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

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 интеграли 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

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

$\frac{d}{dx} F_{z'} = 0$ бўлиши лозим. Чунки фақат шундагина шарт бажарилади.
(7) ифодадан $z'$ бўйича хусусий хосила 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 катталикка эга бўлиши керак, яъни

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

бунда С – ўзгармас катталик.
(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

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

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

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

Қурилма тишлари орасидаги кўндаланг масофани қуйидаги ифода орқали аниқлаймиз

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

бунда $\ell_{ўр}$ - оқизиқнинг ўртача узунлиги;

σ – оқизиқлар узунлигининг ўртача квадратик четланиши.

Ўтказилган тадқиқотларимиз ва адабиётларда ёритилган материалларга асосан $\ell_{ўр}$=40см , σ=± 2см қабул қилиниб, (14) ифода бўйича ва *m≤ 34* см бўлиши лозимлиги аниқланди.

Олинган маълумотлар асосида Хамза-2 насос станциясида панжаралар олдида тўпланган оқизиқларни тозалаб олиб ташлаш қурилмасининг тажриба варианти 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 шоли 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$^2$ майдон территориясига 55 киши атрофида зич жойлашган мамлакат ҳисобланади, ўз вақтида регион бўйича бу кўрсатгич бор йўғи 14 кишига 1 км$^2$ 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 шоличилик самарадорлигини камайишига, шунингдек сувни кейинги ишлатилишига тўлиқ яроқсиз бўлишига олиб келади. Шоличилик 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 $T_{пр}$ 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:

$$T_н W_0 + T_{пр}\int_{t_0}^{t} Q_{пр}dt - T\int_{t_0}^{t} Q_{исп}dt - T\int_{t_0}^{t} Q_{фил}dt - T\int_{t_0}^{t} Q_{от}dt - T\int_{t_0}^{t} Q_{тр}dt \approx 0 \qquad (1)$$

бу ерда $W_0$ - $t_0$ вақт моментида шоли чекидаги сувнинг ҳажми; $W_{исп} = \int_0^t Q_{исп}dt$ -буғланишга кетган сув ҳажмининг йўқолиши; $W_{филтр} = \int_0^t Q_{филтр}dt$ - сизилишга кетган сув ҳажмининг йўқолиши; $W_{пр} = \int_0^t Q_{пр}dt$ - чекга сувнинг оқиб келиши; $W_{трансп} = \int_0^t Q_{трансп}dt$ - шоли ва бегона ўтларни транспирация қилишга кетган сув ҳажмининг йўқолиши; $W_{от} = \int_0^t Q_{от}dt$ - чекдан сувнинг оқиб кетиши.

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

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

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:

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

ёки

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

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

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

$$T = f^{'}(\eta)$$

олинади, бунда

Бошланғич ва чегара шартлари киритилади:

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

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

Юқоридаги шартлардан тенглама (3) ечими олинади:

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

Агар ташқи тўлқинлатиш мавжуд бўлмаса, унда қуйидагига эга бўлинади:

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

Унда

$q_0^* = 1 - \frac{b^2}{a^2}$, 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:

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

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

$$Q_{пр} = Q_{пр}^0 \frac{t_0}{t} + \frac{T[\int_{t_0}^{t} Q_{исп}dt + \int_{t_0}^{t} Q_{фил}dt + \int_{t_0}^{t} Q_{от}dt + \int_{t_0}^{t} Q_{тр}dt] - W_0 T_н}{T * t} \qquad (8)$$

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

$$T = \frac{T_н W_0 + T_{пр}\int_{t_0}^{t} Q_{пр}dt}{\int_{t_0}^{t} Q_{исп}dt + \int_{t_0}^{t} Q_{фил}dt + \int_{t_0}^{t} Q_{от}dt + \int_{t_0}^{t} Q_{тр}dt} \qquad (9)$$

**Хулоса:** Ҳақиқий ва назарий тадқиқотлар асосида оқувчан сув ҳавзалари ҳарорат режимлари ишлашини ўзгаришини гидравлик қонуниятлари аниқланган. Технологик жараёнларни бошқариш назариясидан фойдаланиб шоли 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 истиқболини белгилаш, қишлоқ хўжалиги экинларининг парвариши учун муҳум аҳамият касб этади. Шу сабабли мақолада келтирилган илмий-тадқиқот натижалари қишлоқ хўжалиги экинларини суғориш учун субирригация шароитларининг назарий асосларини яратиш 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 субирригации 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]: $f(y^2/\overline{y^2})$.

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

$$\overline{y^2} = ADt^3 \tag{1}$$

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 повышениям 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]:

$$C(x,y,z,t) = \frac{\exp(-\frac{y^2}{2\overline{y^2}})}{\sqrt{2\pi\,\overline{y^2}}}\Im(x,z,t) \tag{2}$$

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

$$C(x,y,z,t) = \frac{f(y^2/\overline{y^2})}{\sqrt{2\pi\,\overline{y^2}}}\Im(x,z,t) \tag{3}$$

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:

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

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

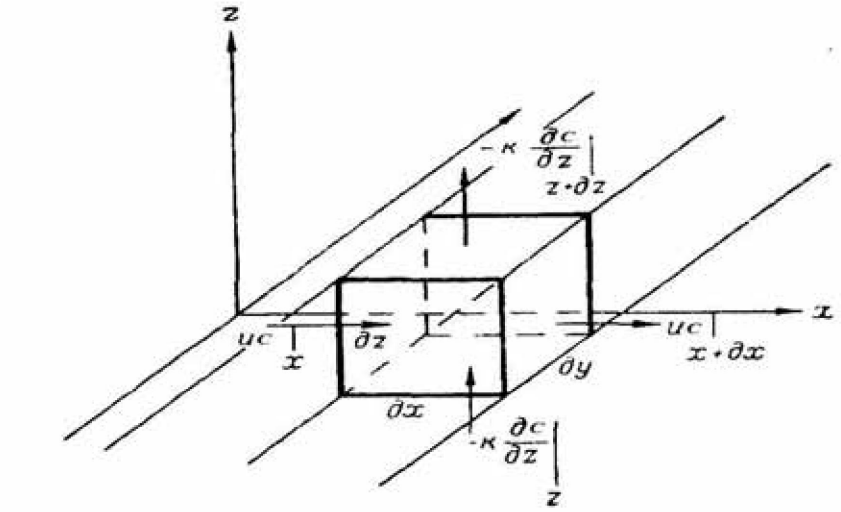



*Рис. 1.*

Откуда следует, что

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

На основании (2) и (4), для $\Im(x,z,t)$ получается дифференциальное уравнение:

$$\frac{\partial \Im}{\partial t} + \frac{\partial u\Im}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial z}\kappa\frac{\partial \Im}{\partial z} = 0 \tag{6}$$

Функция $\Im$ 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 $\Im(x,z)$ и на основании (6) дифференциальное уравнение имеет следующий вид:

$$u(z)\frac{\partial \Im}{\partial x}=\frac{\partial}{\partial z}\kappa(z)\frac{\partial \Im}{\partial z} \tag{7}$$

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

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

Решение уравнения (7) должно удовлетворять граничным условиям:

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

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)

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

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

где: $\Gamma(1-\mu_н)$-гамма функция, $\mu_н$- 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:

$$\frac{d}{dz}\kappa(z)\frac{d\phi}{dz}=-\theta^2u(z)\phi\ ,\ \kappa\frac{d\phi}{dz}-\mu\phi\big|_{z=0}=0,\ \text{получим}$$

$$\frac{d}{dx}\int_0^{\Omega}u(z)\Im(x,z)\phi(\theta,z)dz+\theta^2\int_0^{\Omega}u(z)\Im(x,z)\phi(x,z)dz=0 \tag{10}$$

Из (8) и (10) найдем, что $\int_0^{\Omega}u(z)\Im(x,z)\phi(\theta,z)dz=M\phi(\theta,h)\exp(-\theta^2x)$. После подстановки выражения для $\phi(\theta,z)$ получим окончательно:

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

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

**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 $\varepsilon \succ 0$

$$C_1(x,y,z) = \frac{\exp(-\frac{y^2}{2\overline{y^2}})}{\sqrt{2\pi\overline{y^2}}}\Im(x,z,) = \frac{Mz_1}{\kappa_1 x(m+\varepsilon+1)}\frac{(\frac{hz}{z_1^2})^{\frac{\varepsilon}{2}}}{\sqrt{2\pi\overline{y^2}}}\exp(-\frac{y^2}{2\overline{y^2}} - \beta^2\frac{z^{2\gamma}+h^{2\gamma}}{4x})\cdot \mathrm{I}_{\mu_H}(\frac{\beta^2 z^\gamma h^\gamma}{2x}); \qquad (12)$$

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

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

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 концентрация максимально в случае 2.

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

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

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

**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 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $Ca(HCO_3)_2$ | $CaSO_4$ | $MgSO_4$ | $Na_2SO_4$ | 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 натурных 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: $\mu_н$=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 натурных 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 обусловливает 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 $\left(\Delta P_F = P_A - P_F\right)$ 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]:

$$P + \frac{\rho_1 V_1^2 + \rho_2 V_2^2}{2} = P_0 + \frac{\rho_1 V_{10}^2 + \rho_2 V_{20}^2}{2} = const\,, \qquad (1)$$

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).

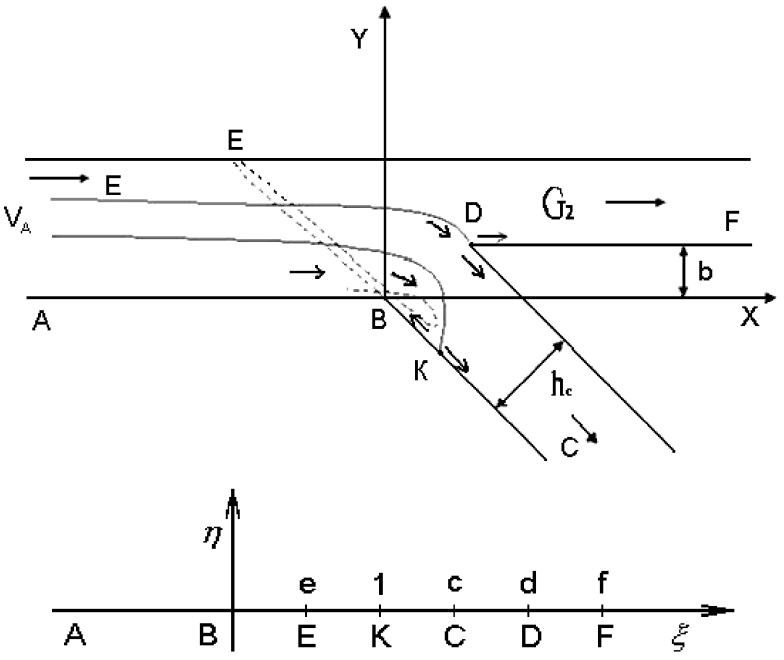



*Рис. 1 - Модельная схема течения*

Пользуясь граничными условиями

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Вдоль: | $AB$ | $\eta = 0$ | $-\infty < \xi < 0$ | $\mathrm{Im}\, w = \theta = 0$, |
| Вдоль: | $BC$ | $\eta = 0$ | $0 < \xi < c$ | $\mathrm{Im}\, w = \theta = -\chi_1 \pi$, |
| Вдоль: | $CN$ | $\eta = 0$ | $c < \xi < n$ | $\mathrm{Im}\, w = \theta = -\chi_1 \pi$, |
| Вдоль: | $NL$ | $\eta = 0$ | $n < \xi < 1$ | $\mathrm{Re}\, w = \tau = 0$, |
| Вдоль: | $LM$ | $\eta = 0$ | $1 < \xi < m$ | $\mathrm{Re}\, w = \tau = 0$, |
| Вдоль: | $ME$ | $\eta = 0$ | $m < \xi < e$ | $\mathrm{Im}\, w = \theta = \chi_2 \pi$, |
| Вдоль: | $EF$ | $\eta = 0$ | $e < \xi < f$ | $\mathrm{Im}\, w = \theta = \chi_2 \pi$, |
| Вдоль: | $EA$ | $\eta = 0$ | $f < \xi < +\infty$ | $\mathrm{Im}\, w = \theta = 0$. |

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 $G_0$

$$\overline{V_n} = V_{n0}\left[F(1;\xi)\right]^{2\chi}\left[F(k;\xi)\right]^{1-2\chi}, \tag{2}$$

где

$$F(\lambda,\zeta) = \frac{\sqrt{e}\sqrt{\xi-\lambda}}{\sqrt{\xi-e}+\sqrt{\xi}\sqrt{|\lambda-e|}}$$

Здесь $\lambda = \{1;k\}$. Применяя метод особых точек С.А. Чаплыгина, получим

$$\frac{dW_n}{d\xi} = W'_n(\zeta) = -\frac{q_n}{\pi}\cdot\frac{(\xi-k)(\xi-1)}{(\xi-e)(\xi-f)(\xi-c)}, \tag{3}$$

где $q_n$ - секундный расход $n$-ой фазы смеси в начале канала (при $\eta = 0$, $\xi \to \infty$). Пользуясь равенствами (2), (3) и интегралом Бернулли (1), находим выражение для функции отображения области течения $G_Z$ на область $G_0$ [2]

$$Z(\xi) = -\frac{\Phi_0 F_0}{\pi}\int_0^{\xi}\Gamma(t)dt, \tag{4}$$

Где

$$\Gamma(t) = \frac{(t-d)(t-1)}{(t-e)(t-f)(t-c)}\left[\left(F(1,t)\right)^{2-4\chi}\left(F(d,t)\right)^{2\chi}\right]$$

Здесь

$$F_0 = \sqrt{\frac{1+\dfrac{\rho_{2i}^2}{\rho_{1i}^2}\dfrac{f_2^2}{f_1^2}\dfrac{V_{2A}^2}{V_{1A}^2}}{1+\dfrac{\rho_{1i}}{\rho_{2i}}\dfrac{V_{2A}^2}{V_{1A}^2}}}, \qquad f_2 = 1-f_1, \qquad \Phi_0 = \left|F(1,t)\right|^{2-4\chi}\left|F(d,t)\right|^{2\chi}, \tag{5}$$

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 $\xi = f$):

$$\left.\begin{aligned} q_{nc} &= \frac{(c-d)(c-1)}{(c-e)(c-f)}q_{nA} \\ q_{nf} &= \frac{(f-d)(f-1)}{(f-e)(f-c)}q \end{aligned}\right\} \tag{6}$$

Количество каждой фазы жидкой смеси, собирающейся в окрестности точки разветвления B, будет равным

$$q_{nE} = \frac{(e-d)(e-1)}{(e-f)(e-c)}q_{nA} \tag{7}$$

Здесь $q_{nA}, q_{nE}$ - секундные расходы фаз в начале (A) основного канала и в зоне кавитации (E). Из условия сохранения массы имеем

$$\hat{h}_E + \hat{h}_C\Phi_C + \left(1-\hat{b}\right)\Phi_E = \Phi_0 \tag{8}$$

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 Е, которые совместно с равенством (6) дают четыре уравнения для определения неизвестных параметров канонической области $G_0$:

$$\left.\begin{aligned} X_D &= \frac{\Phi_0 F_0}{2\pi}\operatorname{Re}\left[\int_0^d \Gamma(t)dt\right] \\ Y_D &= b = \frac{\Phi_0 F_0}{2\pi}\operatorname{Im}\left[\int_0^d \Gamma(t)dt\right] \\ h_C &= \frac{(c-d)(c-1)}{(c-e)(c-f)}\Phi_C \\ h_E &= \frac{(e-d)(e-1)}{(f-e)(e-c)}\Phi_0 \end{aligned}\right\} \tag{9}$$

$$\left.\begin{aligned} X_K &= \frac{\Phi_0 F_0}{2\pi}\operatorname{Re}\left[\int_0^1 \Gamma(t)dt\right] \\ Y_K &= \frac{\Phi_0 F_0}{2\pi}\operatorname{Im}\left[\int_0^1 \Gamma(t)dt\right] \end{aligned}\right\} \tag{10}$$

$$|z(1)| = \frac{\Phi_0 F_0}{\pi}\int_0^1 \Gamma(t)dt \tag{11}$$

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.