

УДК: 157.626

ДИНАМИКА ЗАИЛЕНИЯ РУСЛОВОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ТЮЯМУЮНСКОГО ГИДРОУЗЛА

*М.Икрамова – д.т.н., профессор, К.Ахмедходжаева – младший научный сотрудник,
Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем*

И.Ахмедходжаева – к.т.н., профессор,

Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»

А.Ходжиев – PhD, докторант, Научно-исследовательский институт технологий охраны окружающей среды и природы

Аннотация

Для Республики Узбекистан оценка степени заиления водохранилищ имеет первостепенное значение, важно учитывать изменения в процессе заиления в прошлом и тенденции его будущих изменений при планировании и управлении водными ресурсами. В статье рассмотрены вопросы заиления Руслового водохранилища Тюямуюнского гидроузла, приведен анализ натуральных наблюдений за процессом заиления водохранилища с начала ввода его в эксплуатацию. Изучено распределение отложений по чаше водохранилища при существующем режиме эксплуатации. За период эксплуатации водохранилищ ТМГУ начальная емкость Руслового водохранилища, составляющая по проекту 2340 млн. м³, снизилась к 2020 году до 1428 млн. м³ и объем заиления составил 912 млн. м³, т.е. составляет меньше 50 % от проектного объема. В статье представлена методика расчета заиления водохранилища. Прогноз заиления водохранилища выполнен на основе сравнения проектных характеристик с учетом стадии заиления водохранилища на момент расчетного времени в условиях маловодного, средневодного или многоводного года.

Ключевые слова: водохранилище, заиление, метод расчета заиления водохранилища, аккумулирующая ёмкость водохранилища.

ТУЯМУЮН ГИДРОУЗЕЛНИНГ ЎЗАНЛИ СУВ ОМБОРИНИНГ ЛОЙҚАЛАНИШ ДИНАМИКАСИ

М.Икрамова – т.ф.д., профессор, К.Ахмедходжаева – кичик илмий ходим,

Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институти

И.Ахмедходжаева – т.ф.н., профессор,

“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” миллий тадқиқот университети

А.Ходжиев – PhD, докторант

Атроф-муҳит ва табиатни муҳофаза қилиш технологиялари илмий-тадқиқот институти

Аннотация

Ўзбекистон Республикаси учун сув омборларининг лойқаланиш даражасини баҳолаш муҳим аҳамиятга эга бўлиб, сув ресурсларини режалаштириш ва бошқаришда ўтмишдаги лойқаланиш жараёнларидаги ўзгаришлар ва унинг келажакдаги ўзгаришлар тенденцияларини ҳисобга олиш муҳим аҳамиятга эга. Мақолада "Тюямуюн" ГЭСи Ўзанли сув омборининг лойқаланиш масалалари кўриб чиқилади, сув омборининг фойдаланишга топширилиши бошиданоқ унинг лойқаланиш жараёнининг дала кузатувлари таҳлили берилган. Сув омборларнинг мавжуд иш режимида лойқа чўқиндиларнинг сув омбори косаси бўйлаб тақсимланиши ўрганилди. ТМГУ сув омборларини ишлатиш даврида лойиҳа бўйича 2340 млн. м³ бўлган Ўзанли сув омборининг дастлабки сизими 2020 йилга келиб 1428 млн. м³ гача камайди ва лойқа босган ҳажм 912 млн. м³ ни ташкил этди, яъни ҳажми лойиҳавий қийматидан 50 фоиздан ортиқ камайиб қолди. Мақолада сув омборининг лойқаланишини ҳисоблаш усули келтирилган. Сув омборининг лойқаланиши башароти лойиҳавий катталикларни таққослаш асосида, сув кам сувли, ўрта сувли ёки кўп сувли йилларда сув омборининг лойқаланиш босқичини ҳисобга олган ҳолда тузилди.

Таянч сўзлар: сув омбори, лойқа босиш, сув омборининг лойқаланишини ҳисоблаш усули, сув омборининг сув сақлаш сизими

THE DYNAMICS OF SILTING OF THE CHANNEL RESERVOIR OF THE TUYAMUYUN HYDROELECTRIC COMPLEX

*M. Ikramova – DSc, professor, K. Akhmedkhojaeva – junior researche,
Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems*

I. Akhmedkhojaeva – PhD, professor

«Tashkent institute of irrigation and Agricultural Mechanization Engineers» National Research University;

A. Khodjiev – PhD, doctoral student,

Research Institute for Environmental and Nature Protection Technologies

Abstract

For the Republic of Uzbekistan, the assessment of the degree of siltation of reservoirs is of paramount importance, it is important to take into account changes in the process of siltation in the past and trends in its future changes when planning and managing water resources. The article deals with the issues of siltation of the Channel Reservoir of the Tuyamuyun hydrocomplex, provides an

analysis of field observations of the process of siltation of the reservoir from the beginning of its commissioning. The distribution of deposits over the basin of the reservoir under the existing mode of operation was studied. During the period of operation of the TMGU reservoirs, the initial capacity of the Channel reservoir, which is 2340 million m³ according to the project, decreased to 1428 million m³ by 2020 and the volume of siltation amounted to 912 million m³, i.e. is less than 50% of the design volume. The article presents a methodology for calculating the silting of the reservoir. The reservoir siltation forecast was made based on a comparison of design characteristics, taking into account the stage of reservoir siltation at the time of the estimated time in a low-water, medium-water or high-water year.

Key words: reservoir, siltation, reservoir siltation calculation method, reservoir storage capacity.

Введение. Важными задачами в мире являются совершенствование методов определения гидрологических процессов в верхнем бьефе регулирующих сооружений с использованием современных научных достижений, разработка мер по уменьшению бесполезных потерь воды в них и повышению их эффективности. В связи с этим особое внимание уделяется повышению эксплуатационной надежности водохранилищ и снижению степени их заиления, а также разработке совершенных методов расчета их полезных объемов. В связи с этим в США, Франции, Германии, России, Китае, Южной Кореи, Кыргызстане, Таджикистане, Узбекистане и других развитых странах особое внимание уделяется сооружению водохранилищ, анализу процесса заиления и обеспечению их надежной работы при помощи геоинформационных технологий.

Туямуонский водохранилищный гидроузел (ТМГУ) введен в эксплуатацию в 1982 году с полной емкостью 7,80 млрд. м³, который обеспечивает гарантированную водоподачу на орошение земель площадью 1,2 млн. га. Основными функциями ТМГУ являются: обеспечение сезонного регулирования стока р. Амударьи в интересах всех водопотребителей низовьев реки; обеспечение гарантированного водозабора в оросительные системы; аккумулярование слабоминерализованной воды в водохранилище Капарас с целью ее использования для нужд питьевого водоснабжения населения низовьев реки. В состав ТМГУ входят Русловое и три наливных водохранилища: Капарас, Султансанджар и Кошбулак. На рис. 1 представлен график притока воды в водохранилище за период 1979–2021 гг. [1, 2].

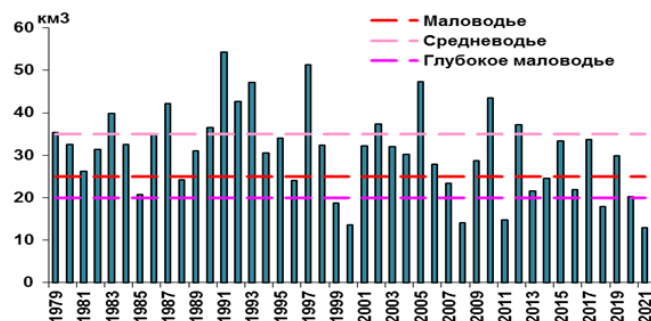


Рис. 1. Годовой сток реки на подходе к ТМГУ

Из рисунка видно, что водность реки имеет циклический характер, т.е. многоводные и маловодные годы меняются каждые 5–7 лет. Анализ данных по режиму расходов реки в створе Дарганата за 42 года наблюдений показал, что минимальный объем стока наблюдался в 2000–2001 годах и составил 13,63 км³ при среднем годовом расходе 433 м³/с [3, 4, 5]. Этот водохозяйственный год

был самым маловодным годом за 42 года наблюдений. В другие маловодные годы годовой сток колебался в пределах 18,7–24,1 км³. Максимальный годовой сток 54,22 км³ наблюдался в 1991–1992 гг. Максимальные расходы в месячном разрезе изменялись от 560 м³/с (январь) до 5640 м³/с (июль), а минимальные от 330 м³/с (ноябрь) до 2310 м³/с (июль). Среднемноголетнее значение средневодности составляет около 35 км³, маловодье – 20 км³. В последние периоды наблюдаются сильно маловодные годы, когда сток реки колеблется в пределах 12–20 км³. Режим стока реки в районе ТМГУ принят по данным гидропостов Дарганата (155 км выше створа плотины) и Тюямуон (5 км ниже створа плотины), а также по данным гидрологических ежегодников УзГидромета, ГМС водохозяйственного сектора и экспедиции НИИИВП (САНИИ-РИ), диспетчерской службы МВХ РУз [6, 7].

Изучение состояния заиления чаши водохранилища в настоящее время показало, что её ёмкость заиlena наносными отложениями до отметки 125 м, что составило 905 млн. м³, т.е. 38,7% от всего объема отложений. Остальная часть отложений размещена следующим образом: между отметками 125–126 м – 161 млн. м³ (7%); 126–127 м – 314 млн. м³ (13,4%); 127–128 м – 260 млн. м³ (11%); 128–129 м – 310 млн. м³ (12,2%); 129–130 м – 390 млн. м³ (17%) [8].

Анализ современного состояния проблемы. В последние десятилетия изменение климата вызвало рост аномалий в климатических показателях и поставило под угрозу обеспечение водными ресурсами. Во всем мире ученые ищут пути уменьшения непродуктивных потерь воды из водохранилищ.

Проведено много научно-исследовательских работ в мире по оценке непродуктивных потерь воды в странах, где построены и эксплуатируются водохранилища [9, 10], а также предложены способы уменьшения этих потерь [11]. Например, исследования в Китае показали, что в 2018 году общие потери ёмкости чаш от заиления в 916 водохранилищах составили 140,2 × 108 м³, что примерно в 1,1 раза превышает объем воды, переброшенной по среднему маршруту проекта переброски воды с юга на север в Китае [12].

В Соединенных Штатах путем объединения подходов дистанционного зондирования и моделирования был разработан новый метод точной оценки объемов заиления водохранилищ. Площадь поверхности водохранилища была определена на основе Глобального набора данных о поверхностных водах на базе Landsat [13].

Балансовый метод расчёта заиления водохранилищ разработан на основе водных балансов предыдущих лет их эксплуатации [14], в котором использовались данные о сумме приходных и расходных составляющих водных балансов водохранилища за несколько предыдущих лет его эксплуатации и значения отметок уровней воды в нем в

конце каждого месяца каждого из этих лет.

Большинство методов расчета заиления дают хорошие результаты для водохранилищ во второй стадии заиления и большое расхождение с натурными данными водохранилищ, находящихся в первой стадии заиления [15, 16, 17, 18].

В настоящее время, для определения объемов заиления широко используют современные информационные технологии с использованием космических снимков водной поверхности водохранилищ [19, 20].

Постановка задачи. За период эксплуатации водохранилищ ТМГУ произошли значительные изменения проектных характеристик Руслового водохранилища за счет аккумуляции наносов в емкости. При пропуске паводковых расходов при пониженных уровнях воды в водохранилище или при сработке водохранилищ наряду со снижением уровня воды наблюдался интенсивный смыв наносов с верхних участков водохранилища. В процессе этого смыва на всех поперечных створах наблюдалось заглибление русла по линии фарватера. Определение емкости чаши Руслового водохранилища и объемов заиления проводились натурными исследованиями со стороны экспедиции НИИВВП (ранее НПО САНИИРИ) и ГУП «Батиметрический центр» Министерства водного хозяйства РУз. При этом, за 2002–2007 и 2009–2018 гг. объемы определены методом расчета, так как натурные промеры не были проведены. Таким образом, за время эксплуатации ТМГУ полезный объем Руслового водохранилища сокра-

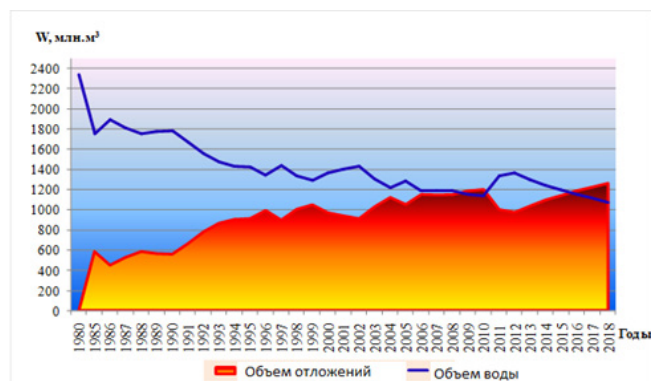


Рис. 2 Динамика заиления Руслового водохранилища за период эксплуатации

тился на 1428 млн. м³ (Рис. 2).

Анализ результатов и примеры. Расчет заиления чаши водохранилища выполнен на основе ранее проведенных промеров. Обработка данных выполнялась после промера каждого створа и включала составление журнала промеров, содержащего измеренные глубины промерных вертикалей, и их расстояния от закрепленных створов. Вычислялись площади сечения русла на каждом створе, соответствующие отметкам уровня воды от 118 м до 130 м. Вычисления производились аналитическим методом, с построением поперечных профилей створов в зонах дополнительного подпора. Площади русла на створах использовались для вычисления объема русла при принятой отметке уровня воды по формуле:

$$W_n = k \int_0^l \omega_{cp} \Delta l \quad (1)$$

где: ω_{cp} – средняя площадь между створами, м²; Δl – расстояние между створами, м; k – поправочный коэффициент, учитывающий влияние конфигурации русла в плане.

Проведенные исследования позволили выявить размывы и отложения наносов по длине водохранилища и условно разделить ее на три участка.

1 участок: на расстоянии 15 км от створа плотины вверх наблюдалось полное заиление первоначального объема, составляющего по проекту 110 млн. м³. К 2008 году этот участок был заилен на 95% и теперь является транзитным для смыва наносов из водохранилища, объемом отложений которого составляет около 11% от общего объема отложений в водохранилище. Вынос наносов из водохранилища на этом участке происходит при работе водохранилища на пониженных отметках уровня воды и значительных расходах оттока в нижний бьеф.

2 участок: на приплотинном участке происходил не только смыв отложений, образовавшихся к концу летнего наполнения водохранилища (июнь), но и процесс дальнейшего размыва отложений. Объем размыва на этом участке достигал 31 млн. м³ от общего объема размыва в водохранилище 35 млн. м³.

3 участок: от отметки 112 м до отметки 118 м, анализ данных объемов отложений и высотных отметок в зоне Руслового водохранилища показал, что интенсивность заиления на этом участке не очень высокая – 180 млн. м³, с отметки 120 м до 128 м составила большую часть, равной 1050 млн. м³. Изучение расположения отложений по длине чаши водохранилища протяженностью 81 км производилось путем разбивки на 8 участков. Данные по объемам отложений в разрезе участков показали, что в сумме они составили 1463 млн. м³. Большая часть отложений в объеме 1156 млн. м³ расположена на первом 40 км участке водохранилища от плотины, остальная часть в объеме 310 млн. м³ – на остальной части чаши водохранилища. Средний уклон дна чаши Руслового водохранилища по анализу данных составляет $i=0,00004$ против проектного $i=0,0002$. Это означает, что отложения, сформировавшиеся в начальном этапе эксплуатации водохранилища, постепенно переместились вниз по течению к плотине.

Постоянные переформирования наносных отложений на этом участке связаны с периодическими сработками и наполнениями Руслового водохранилища и играют определенную роль в интенсивности заиления водохранилища. На этом участке зоны размыва чередуются с зонами намыва отложений. Как показывает анализ натурных измерений и расчетов объемов заиления по длине водохранилища, наибольшие объемы заиления наблюдаются во время прохождения летних паводков при подпертом верхнем бьефе Руслового водохранилища. Фактический объем отложений в водохранилище превышает проектный объем в среднем $K_1 = 1,3$ раза.

где: $K_1 = \frac{W_{г.ф.}}{W_{пр.}}$ отношение фактического объема заиления водохранилищ к проектному.

Проведен анализ интенсивности заиления Руслового водохранилища относительно проектного объема за разные периоды наблюдений. При этом, среднегодовой объем заиления составил 47,5 млн. м³. Результаты анализа показали, что в первые 5 лет от начала эксплуатации Руслового водохранилища интенсивность заиления чаши превосходила проектную в 2,46 раза. Только через 20 лет (1980–2000 гг.) коэффициент K_1 стал равен 1, т.е. объем заиления стал соответствовать проектному значению. Во время эксплуатации водохранилища, уровень режим меняется, а следовательно, меняются условия, влияющие на процесс заиления водохранилища. По

диапазону изменения отношения русловой емкости W_u к соответствующей емкости водохранилища W_k можно судить о процессах, происходящих в верхнем бьефе.

Срок службы и регулирующая способность водохранилищ в процессе их эксплуатации зависят от интенсивности заиления, которая характеризуется величиной приведённой мутности α . При этом величина отношения общего объема заиления (W_{30}) к мертвому объёму (W_m), полученная в процессе обработки натуральных данных по заилению водохранилища, составляет $W_{30}/W_m=3,33$, что является критерием, позволяющим определить конец первой стадии заиления.

Определяется приведенная мутность α и ежегодный приведённый твёрдый сток водохранилища при известных значениях НПУ и W_0 :

$$\alpha = \left(\frac{H_H}{НПУ} - 1 \right) \cdot 0,004 \quad (1)$$

$$R_T \cdot \Delta t = \alpha \cdot W_0$$

где: W_0 – полная (проектная) ёмкость водохранилища; $НПУ$ – нормальный подпёртый уровень; $H_H=1600$ м – высота, выше которой наносы не отлагаются; R_T – объём отложения наносов в водохранилище за расчётный период, млн. м³/год; Δt – продолжительность периода, в годах.

В зависимости от мёртвого объёма и ежегодного твёрдого стока назначается шаг расчётного периода t (обычно 1–2 года). Определяется объём отложений за расчётный период:

$$W_{30} = \alpha \cdot W_{oi} \left(1 - \frac{\alpha \cdot t}{2} \right) \quad (2)$$

где: W_{30} – отложение наносов в водохранилище за период t ; W_{oi} – ёмкость водохранилища в начале периода; t – продолжительность периода в годах. Ежегодный приток наносов в верхнем бьефе водохранилища определяется по формуле:

$$R_T = \alpha \cdot W_0 \left(1 - \frac{\alpha \cdot t}{2} \right) \quad (3)$$

Ёмкость водохранилища в конце расчётного периода равна:

$$W_{op} = W_{on} - W_0 \quad (4)$$

II стадия заиления заканчивается, когда приток наносов сравнивается с объёмом выносимых в нижний бьеф наносов ($W_{op} \leq 0$)

При расчете заиления Руслового водохранилища ТМГУ по вышеприведенной методике определена приведённая мутность Руслового водохранилища при отметке НПУ=130 м. Объём наносов, попадающих в водохранили-

ще в первый год эксплуатации, составил:

$$W_T = \alpha \cdot W_0 = 0,0492 \cdot 2340 \cdot 10^6 = 103,4 \text{ млн. м}^3$$

При этом, проектный ежегодный объём наносов был рассчитан по методике В.С.Лапшенкова, который составил 43,5 млн. м³. Продолжительность 1 этапа заиления составила:

$$W_m = 165 \text{ млн. м}^3, W_{30} = 3,333 \cdot W_0 = 3,333 \cdot 165 = 550 \text{ млн. м}^3, t_1 = 7,5 \text{ лет}$$

Расчёт II стадии заиления Руслового водохранилища ТМГУ показал следующие результаты:

$$W_{30}^0 = \frac{200}{K_2} = \frac{200}{0,3} = 667 \cdot 10^6 \text{ м}^3; t = 7,5 \text{ года};$$

$$W_{op} = W_0' - W_{30}^0 = 2340 - 667 = 1673 \cdot 10^6 \text{ м}^3; \alpha = 0,0442; K_1 = 0,0432$$

Результаты расчётов показывают, что I-я стадия заиления составила 7,5 лет

(к 1988 году закончилась), а II-я стадия заиления, когда в нижний бьеф выносилась часть наносов, продолжалась до 2015 года. С этого времени началась III-я стадия заиления, когда все наносы сбрасываются в нижний бьеф.

Выводы. Рассматривая вопрос о снижении эффективности ТМГУ вследствие заиления Руслового водохранилища, отмечено следующее:

- начальная емкость Руслового водохранилища, составляющая по проекту 2340 млн. м³, снизилась к 2020 году до 1428 млн. м³ и объём отложений составил 912 млн. м³;

- ухудшились возможности своевременного и гарантированного заполнения трех наливных водохранилищ: Капарас, Султансанджар, Кошбулак;

- продолжается процесс интенсивного заиления трех наливных водохранилищ и сокращение их полезных объёмов;

- ухудшилось качество воды Капарасского водохранилища, которое используется в основном для питьевых целей;

- ухудшилась водообеспеченность орошаемых площадей в низовьях реки Амударьи, подвешенных к ТМГУ, произошло сокращение орошаемых земель на 76690 га по состоянию заиленности Руслового водохранилища в настоящее время, без учета воздействия на эксплуатационные мощности и функционирование трех наливных водохранилищ;

- ухудшились возможности регулирования стока реки Амударьи, который колеблется в пределах 35–75 км³, включая пропуск паводков и их последствий;

- снизилась мощность ГЭС, произошло сокращение выработки электрической энергии.

№	Литература	References
1	Икрамова М.Р. Совершенствование режима эксплуатации водохранилищ, обеспечивающих снижение негативных последствий для низовьев (на примере водохранилищ ТМГУ на р. Амударья). НПО "САНИИРИ". Ташкент, 2009 г. С. 5-12.	Ikramova M.R. <i>Sovershenstvovaniye rezhima ekspluatatsii vodokhranilishch, obespechivayushchikh snizheniye negativnykh posledstviy dlya nizov'yev (na primere vodokhranilishch TMGU na r. Amudarya)</i> . [Improving the mode of operation of reservoirs that ensure the reduction of negative consequences for the lower reaches (on the example of TMGU reservoirs on the Amudarya River)]. NPO "SANIIRI" Tashkent, 2009. Pp. 5-12. (in Russian)
2	Ikramova M., Akhmedkhodzhayeva I., Khodjiev A. Tthe Tuyamuyun hydro complex in Khorezm region of Uzbekistan The reservoirs capacity assessment: the Tuyamuyun hydro complex in Khorezm region of Uzbekistan // IOP Publishing: Earth and Environmental Science, # 614 (1) December 2020. doi: 10.1088/1755-1315/614/1/012100	Ikramova M., Akhmedkhodzhayeva I., Khodjiev A. Tthe Tuyamuyun hydro complex in Khorezm region of Uzbekistan The reservoirs capacity assessment: the Tuyamuyun hydro complex in Khorezm region of Uzbekistan. IOP Publishing: Earth and Environmental Science, # 614 (1) December 2020. doi: 10.1088/1755-1315/614/1/012100
3	Ikramova M., Akhmedkhodzhayeva I., Khodjiev A. Estimation of sediment volume in Tuyamuyun hydro complex dam on the Amudarya river // IOP Publishing: Materials Science and Engineering, №883(1):012048 July 2020. doi: 10.1088/1757-899X/883/ 1/012048, 9 p. (SCOPUS).	Ikramova M., Akhmedkhodzhayeva I., Khodjiev A. Estimation of sediment volume in Tuyamuyun hydro complex dam on the Amudarya river. IOP Publishing: Materials Science and Engineering, №883(1):012048 July 2020. doi: 10.1088/1757-899X/883/ 1/012048, 9 p. (SCOPUS).
4	Икрамова М., Ахмедходжаева И., Ходжиев А., Батишев С., Кабилов Х. Компьютерная программа расчета режима работы водохранилищ. Свидетельство Агентства интеллектуальной собственности DGU 06788 от 31.07.2019.	Ikramova M., Akhmedkhodzhayeva I., Khodjiev A., Batishchev S., Kabilov Kh. <i>Kompyuternaya programma rascheta rezhima raboty vodokhranilishch</i> [Computer program for calculating the operation mode of reservoirs]. Svidetel'stvo Agentstva intellektual'noy sobstven-nosti DGU 06788 ot 31.07.2019. (in Russian)
5	Икрамова М., Ахмедходжаева И., Ходжиев А. Рекомендации по улучшению режимов работы водо-хранилищ ТМГУ с учетом потери емкости за период эксплуатации для повышения их эффективности // Сборник статей международной научно-практической конференции «Повышение эффективности, надежности и безопасности гидротехнических сооружений». Том -1, ТИИИМСХ. – Ташкент, 2018. – С. 176-180.	Ikramova M., Akhmedkhodzhayeva I., Khodjiev A. <i>Rekomendatsii po uluchsheniyu rezhimov raboty vodokhranilishch TMGU s uchetom poteri yemkosti za period ekspluatatsii dlya povysheniya ikh effektivnosti</i> [Recommendations for improving the operating modes of TMGU reservoirs, taking into account the loss of capacity over the period of operation to improve their efficiency]. Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Povysheniye effektivnosti, nadezhnosti i bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzheniy». Vil -1, TIAME. Tashkent, 2018. Pp.176-180. (in Russian)
6	Икрамова М., Ахмедходжаева И., Ходжиев А. Туямуйин гидроузели таркибидаги Капарас ва Узан сув омборлари сувининг сифати // "IRRIGATSIYA VA MELIORATSIYA" журналы. – Тошкент, 2020. – №3 (21). – Б. 58-62.	Ikramova M., Akhmedkhodjaeva I, Khodjiev A. Tuyamuyin gidrouzeli tarkibidagi Kaparas va Uzan suv omborlari suvining sifati [Water quality of Kaparas and Channel reservoirs in Tuyamuyin hydronode]. Journal "Irrigatsiya va Melioratsiya". – Tashkent, 2020. No 3 (21), Pp.58-62. (in Uzbek)
7	Икрамова М.Р., Ходжиев А., Немтинов В. Расчет режима работы водохранилищ Туямуюнского водохранилища без сработки Капарасского водохранилища на ирригационные нужды // НПО САНИИРИ. – Ташкент, 2011. – С. 54-62.	Ikramova M.R., Khodjiev A., Nemtinov V. <i>Raschet rezhima raboty vodokhranilishch Tuyamuyunskogo vodo-khranilishcha bez srobotki Kaparasskogo vodokhranilishcha dlya nuzhd irrigatsii</i> . [Calculation of the operation mode of the reservoirs of the Tuyamuyun reservoir without drawdown of the Kaparas reservoir for irrigation needs]. NPO SANIIRI, Tashkent 2011, Pp. 54-62. (in Russian)
8	Икрамова М.Р., Ходжиев А., Немтинов В. Повышение эффективности работы водохранилищ Туямуюнского гидро-узла // Журнал «Агро-илм», №2 (6), 2008, -С.35-37.	Ikramova M.R., Khodjiev A., Nemtinov V. <i>Povysheniye effektivnosti raboty vodo-khranilishch Tuyamuyunskogo gidrouzla</i> [Improving the efficiency of the reservoirs of the Tuyamuyun hydroelectric complex]. Journal "Agro-ilm". – Tashkent, 2008. No 2 (6), Pp.35-37. (in Russian)
9	Diandian Xu, Steve W. Lyon, Jingqiao Mao. Impacts of multi-purpose reservoir construction, land-use change and climate change on runoff characteristics in the Poyang Lake basin, China // June 2020. Journal of Hydrology: Regional Studies 29:100694 DOI: 10.1016/j.ejrh.2020.100694	Diandian Xu, Steve W. Lyon, Jingqiao Mao Impacts of multi-purpose reservoir construction, land-use change and climate change on runoff characteristics in the Poyang Lake basin, China. June 2020. Journal of Hydrology: Regional Studies 29:100694 DOI: 10.1016/j.ejrh.2020.100694
10	Ata Joodavi, Azizallah Izady, Mohammad Taghi Karbasi Maroof, Maysam Majidi, Rudy Rossetto. Deriving optimal operational policies for off-stream man-made reservoir considering conjunctive use of surface- and groundwater at the Bar dam reservoir (Iran) // Journal of Hydrology: Regional Studies. Volume 31, October 2020. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100725	Ata Joodavi, Azizallah Izady, Mohammad Taghi Karbasi Maroof, Maysam Majidi, Rudy Rossetto. Deriving optimal operational policies for off-stream man-made reservoir considering conjunctive use of surface- and groundwater at the Bar dam reservoir (Iran). Journal of Hydrology: Regional Studies. Volume 31, October 2020. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100725

11	Feilong Jie, Liangjun Fei, Shan Li, Kun Hao, Lihua Liu, Jie Li, Nian Liu Quantitative effects of vadose zone thickness on delayed recharge of groundwater for an irrigation district in an arid area of Northwest China // April 2022. Journal of Hydrology: Regional Studies 40(1-4):101022 DOI: 10.1016/j.ejrh.2022.101022	Feilong Jie, Liangjun Fei, Shan Li, Kun Hao, Lihua Liu, Jie Li, Nian Liu. Quantitative effects of vadose zone thickness on delayed recharge of groundwater for an irrigation district in an arid area of Northwest China. April 2022. Journal of Hydrology: Regional Studies 40(1-4):101022 DOI: 10.1016/j.ejrh.2022.101022
12	Wenzhe Yang, Lihua Chen, Xu Chen, Hang Chen. Sub-daily precipitation-streamflow modelling of the karst-dominated basin using an improved grid-based distributed Xinanjiang hydrological model // August 2022. Journal of Hydrology: Regional Studies 42 (1-2):101125 DOI: 10.1016/j.ejrh.2022.101125	SWenzhe Yang, Lihua Chen, Xu Chen, Hang Chen. Sub-daily precipitation-streamflow modelling of the karst-dominated basin using an improved grid-based distributed Xinanjiang hydrological model. August 2022. Journal of Hydrology: Regional Studies 42 (1-2):101125 DOI: 10.1016/j.ejrh.2022.101125
13	Nathan Jumps Andrew Bruce Gray, James Guilinger, Win Colton Cowger. Wildfire impacts on the persistent suspended sediment dynamics of the Ventura River, California // June 2022. Journal of Hydrology: Regional Studies 41(1):101096 DOI: 10.1016/j.ejrh.2022.101096	Nathan Jumps Andrew Bruce Gray, James Guilinger, Win Colton Cowger. Wildfire impacts on the persistent suspended sediment dynamics of the Ventura River, California. June 2022. Journal of Hydrology: Regional Studies 41(1):101096 DOI: 10.1016/j.ejrh.2022.101096
14	Гаппаров Ф.А. Определение потерь воды на испарение из водохранилищ при недос-таточных метеоданных // Авто-реферат дисс. на соиск. уч.ст. к.т.н. – Ташкент, 2003. – 21 с.	Gapparov F.A. <i>Opredele niye poter' vody na isparen iye iz vodokhranilishch pri nedostatochnykh metoodannykh</i> [Deter-mination of water losses for evaporation from reservoirs with insufficient weather data] Abstract of the diss. for the degree of candidate of technical sciences, Tashkent, 2003. 21 p. (in Russian)
15	Китаев А.Б. Важнейшие гидродина-мические харак-теристики водохра-нилищ (на примере Камского каскада). – Пермь, 2006. – 260 с.	Kitayev A.B. <i>Vazhneyshiye gidrodina-micheskiye kharakteristiki vodokhra-nilishch (na primere Kamskogo kaskada)</i> [The most important hydrodynamic characteristics of reservoirs (on the example of the Kama cascade)]. Perm', 2006. 260 p. (in Russian)
16	Poepl R.E., Saskia K.D., Margreth K., Tom C., Thomas G. Impact of dams, dam removal and dam-related river engineering structures on sediment connectivity and channel morphology of the Fugnitz and the Kaja Rivers // 5 th Symposium on Research in Protected Areas, 2013, Pp. 607-614.	Poepl R.E., Saskia K.D., Margreth K., Tom C., Thomas G. Impact of dams, dam removal and dam-related river engineering structures on sediment connectivity and channel morphology of the Fugnitz and the Kaja Rivers, 5 th Symposium on Research in Protected Areas, 2013, Pp. 607-614.
17	Каюмов О.А. Оценка и прогноз экологического состояния Капарасского водохранилища с целью разработки водоох-ранных мероприятий и определ-ения обоснованных тре-бований к режиму работы ТМГУ по обеспечению качества питьевой воды в низовьях р. Амударьи. НПО "САНИИРИ". – Ташкент, 2002. – С. 60-74.	Kayumov O.A. <i>Otsenka i prognoz eko-logicheskogo sostoyaniya Kaparasskogo vodokhranilishcha s tsel'yu razrabotki vodookhrannykh meropriyatii i opredele-niya obosnovannykh trebovaniy k rezhimu raboty TMGU po obespecheniyu kachestva pit'yevoy vody v nizov'yakh r. Amudar'i</i> [Assessment and forecast of the ecological state of the Kaparas reservoir in order to develop water protection measures and determine reasonable requirements for the operation mode of TMGU to ensure the quality of drinking water in the lower reaches of the Amudarya river]. NPO "SANIIRI", Tashkent, 2002. –60 p. (in Russian)
18	Ходжиев А.К. Влияние гидро-логического режима водохранилища на русловые процессы (на примере Туямунского водохранилища. – Ташкент, 2019. – С. 122-132.	Khodjiev A.K. <i>Vliyaniye gidrolog-icheskogo rezhima vodokhranilishcha na ruslovyye protsessy (na primere Tuya-muyunskogo vodokhranilishcha)</i> [The influence of the hydrological regime of the reservoir on the channel processes (on the example of the Tuyamuyun reservoir)]. Tashkent, 2019. Pp. 122-132. (in Russian)
19	Abdelnasser R.A., Mohamed E.S., Belal A, GIS spatial model based for DAM reservoir on dry Wadis // 36th Asian Conference on Remote Sensing: Fostering Resilient Grow thin Asia, Quezon City. 2015, Pp. 104-109	Abdelnasser R.A., Mohamed E.S., Belal A, GIS spatial model based for DAM reservoir on dry Wadis, 36th Asian Conference on Remote Sensing: Fostering Resilient Grow thin Asia, Quezon City. 2015, Pp. 104-109
20	Пьянков С.В., Калинин В.Г. ГИС и математико-картогра-фическое модели-рование при исследовании водохра-нилищ (на примере камских). – Пермь: «Алекс-Пресс», 2011. – 158 с.	Piyankov S.V., Kalinin V.G. <i>GIS i matematiko-kartograficheskoe modelirova-nie pri issledovanii vodoxraniliщ (na primere kamskix)</i> [GIS and mathematic-map modeling at investigation of reservoirs (on the example of Kama)]. OOO Alex-Press, Perm, 2011. 158 p. (in Russian)