

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУХАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSC. 27.06.2017. Т.10.02 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ
ИРРИГАЦИЯ ВА СУВ МУАММОЛАРИ ИЛМий-ТАДҚИҚОТ
ИНСТИТУТИ**

ИКРАМОВА МАЛИКА РАХИМБЕРДИЕВНА

**ТЕКИСЛИК ДАРЁЛАРИ ОҚИМ ҲАЖМИНИ БОШҚАРИШ ВА ДАРЁ
ЎЗАНИНИНГ ҚАЙТА ШАКЛЛАНИШИ**

05.09.07 – Гидравлика ва муҳандислик гидрологияси

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2019

Докторлик (Doctor of Science) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата докторской диссертации (Doctor of Science)

Contents of the Doctoral (DSc) Dissertation Abstract

Икрамова Малика Рахимбердиевна

Текислик дарёлари оқим ҳажмини бошқариш ва дарё
ўзанининг қайта шаклланиши..... 3

Икрамова Малика Рахимбердиевна

Регулирование стока и перестроивание русел равнинных
рек..... 29

Ikramova Malika Rakhimberdievna

Regulation of runoff and re-formation of the flat rivers
channels..... 55

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
References..... 59

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУХАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSC. 27.06.2017. Т.10.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
ИРРИГАЦИЯ ВА СУВ МУАММОЛАРИ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ
ИНСТИТУТИ**

ИКРАМОВА МАЛИКА РАХИМБЕРДИЕВНА

**ТЕКИСЛИК ДАРЁЛАРИ ОҚИМ ҲАЖМИНИ БОШҚАРИШ ВА ДАРЁ
ЎЗАНИНИНГ ҚАЙТА ШАКЛЛАНИШИ**

05.09.07 – Гидравлика ва муҳандислик гидрологияси

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2019

Техника фанлари бўйича фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2017.1.DSc/T66 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Иррагация ва сув муаммолари институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (resume)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tiiame.uz) ва “ZiyoNet” ахборот-таълим тармоғига (www.ziyo.net) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:

Мухамедов Амин Мухамедович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Махмудов Эрназар Жумаевич
техника фанлари доктори, профессор

Хужаев Исматилла Кушаевич
техника фанлари доктори, профессор

Ризаев Абдумалик Набиевич
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Тошкент архитектура қурилиш институти

Диссертация ҳимояси Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти ҳузуридаги **DSC.27.06.2017.T.10.02** рақамли илмий кенгашнинг «_____» _____ 2019 й. соат _____ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100000, Тошкент ш., Қори-Ниёзий кўчаси, 39 уй. Тел. (+99871) 237-22-09; факс: 237-54-79; e-mail: admin@tiiame.uz).

Диссертация билан Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (____ рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100000, Тошкент ш., Қори-Ниёзий кўчаси, 39 уй. Тел. (+99871) 237-19-45, e-mail: admin@tiiame.uz

Диссертация автореферати 2019 йил _____ куни тарқатилди.
(2019 йил _____ даги № _____ рақамли реестр баённомаси).

Т.З.Султанов

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси, т.ф.д.

А.А.Янгиев

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д.

О.М.Арифжанов

Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш ҳузуридаги илмий семинар раиси,
т.ф.д., профессор

КИРИШ (докторлик диссертациясининг аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Жаҳонда дарёлар оқимини сув омборлари ва йирик сув олиш иншоотлари ёрдамида бошқариш сув ресурсларидан комплекс фойдаланишнинг муҳим масалаларидан бири бўлиб ҳисобланмоқда. Шу жиҳатдан, дарё оқими ҳажмини вақт давомида бошқариш, ўзан жараёнлари ва ўзанин ростловчи иншоотлар ёрдамида тўғонсиз сув олиш шароитини яхшиловчи такомиллашган усулларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу борада, жумладан АҚШ, Австралия, Нидерландия, Дания, Австрия, Буюк Британия, Германия, Хитой, Миср, Россия, Қозоғистон, Қирғизистон, Тожикистон, Ўзбекистон ва бошқа ривожланган мамлакатларда сув омборларини лойқа босиши жадаллигини пасайтириш ва қуйи бьефда дарё ўзанининг тиниқ оқим билан ювилишини камайтириш имконини берувчи математик моделлаштириш ва гео-ахборот технологияларига асосланган иш режимини ишлаб чиқиш, сув омбори қуйи бьефида ўзан жараёнларини моделлаштириш, сув олишда ўзан ростловчи иншоотларнинг конструкцияларини такомиллаштириш орқали ўзан деформациясининг олдини олиш ва уларнинг ишончли эксплуатациясини таъминлашга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда сув омборлари эксплуатация режимини рационаллаштириш ва дарё ҳавзасига антропоген босимни камайтириш усуллариининг ишончли ва самарали технологияларини ишлаб чиқишга йўналтирилган мақсадли илмий тадқиқот ишлари олиб боришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу борада, сув омборлари ёрдамида дарё оқимини, ҳамда ўзан жараёнларини бошқаришни моделлаштириш ва сонли ечим усуллариини такомиллаштириш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Шу билан бирга, сув омборларининг лойқа билан тўлиши жараёнини секинлаштириш, уларнинг дарё қуйи бьефидаги ўзан жараёнларига таъсирини юмшатиш, каналларга сув олиш шароитини яхшилаш мақсадида дарё ўзанини дамбалар ёрдамида ростлаш зарур вазифалардан ҳисобланади.

Ҳозирда республикамызда сув омборларини барпо этиш, ўзан ва қирғоқлар эрозияси, каналларни лойқа босиши ҳолатларининг олдини олиш, сув ресурсларидан самарали фойдаланишга таъсир этувчи омилларни аниқлаш, ҳамда такомиллаштириш имкониятларини берувчи мавжуд гидравлик ҳисоблашларнинг янги усуллариини яратишга доир чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан “...миллий иқтисодиётнинг рақобатбардошлигини ошириш учун мелиорация ва ирригация объектларини ривожлантириш”¹ вазифаси белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан сув омборларининг дарё

¹ Ўзбекистон Республикаси президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси” тўғрисидаги фармони.

сувлилигини ва эксплуатация даврида сиғими ўзгаришини, ростланган оқим таъсирида дарё гидрологик режими ўзгаришининг сув олиш иншоотларига таъсирини ҳисобга олган ҳолда бошқаришнинг илмий асосланган самарадор усуллари, уларни ҳисоблашнинг илмий ва амалий аҳамиятга эга бўлган назарий асослари ва усуллари ишлаб чиқишга қаратилган илмий тадқиқот ишларини олиб бориш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февридаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналишлари бўйича Ҳаракатлар стратегияси” Фармони, 2018 йил 17 апрелидаги ПФ-5418-сон “Қишлоқ ва сув хўжалигини бошқаруви тизимини тубдан такомиллаштириш бўйича чора-тадбирлар тўғрисида”ги Фармони, 2017 йил 25 сентябридаги ПҚ-3286-сон “Сув объектларини муҳофаза қилиш тизимини келгусида такомиллаштириш бўйича чора-тадбирлар тўғрисида”ги, 2017 йил 27 ноябридаги ПҚ-3405-сон “2018-2019 йиллар давомида суғориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш ва ирригацияни ривожлантириш давлат дастури тўғрисида”ги Қарори, ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳукуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти маълум даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг асосий устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг V. “Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф муҳитни муҳофаза қилиш” устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича халқаро илмий тадқиқотлар шарҳи². Ҳозирги вақтда сув ресурсларидан самарали фойдаланиш учун сув омборлари ёрдамида дарё оқимини бошқариш, ўзан деформацияси ва ўзани ростловчи иншоотларни ҳисоблаш усуллари такомиллаштириш бўйича жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасаларида, жумладан Шимолий Каролина давлат университети қошидаги Сув ресурслари тадқиқоти институти, Юта давлат университетининг Техник маркази, US Bureau of Reclamation (АҚШ), Вена давлат университетининг География ва регионал тадқиқотлар департаменти (Австрия), Берн университети қошидаги География институти (Швейцария), Вагинген Университети (Голландия), University of Southampton (Буюк Британия), Киота Университети қошидаги Ҳавфнинг олдини олиш илмий-тадқиқот институти (Япония), Илмий тадқиқот учун Швеция миллий фонди (SNSF), Япония сув агентлиги, Ганновер Университети (Германия), Давлат гидрология институти ва Сув муаммолари институти (Россия), Тожикистон Сув муаммолари институти, Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини

²Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи

<https://www.researchgate.net/publication/>; <http://www.engr.colostate.edu/>; Kantoush S.A., at all. Impacts of sediment replenishment below dams on flow and bed morphology of river. CZMRDLLC – 2010, P.285-303; <https://link.springer.com/article/>; <https://www.usa.gov/federal-agencies/bureau-of-reclamation>; <https://scienceproblems.ru/>; <https://www.springer.com/gp> ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

механизациялаш муҳандислари институти, Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институтлари (Ўзбекистон) томонидан кенг қамровли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Дарё оқимини бошқариш, дарёдан сув олиш, ўзан деформацияси ва ўзанни ростлашни такомиллаштириш ва ҳисоблаш усулларига доир жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида бир қатор, жумладан қуйидаги натижалар олинган: дарё оқими ва каналлар мураккаб тизимидаги гидравлик режим ва оқизиклар транспорти моделлаштирилган, морфологик ҳариталар ишлаб чиқилган (DHI Water and Environment, Дания), сув омборининг дарё гидрологик режимининг ўзгаришига таъсирини прогноз қилиш усуллари ишлаб чиқилган (Колорадо университети, АҚШ), сув омборлари ва тўғонлар ҳавфсизлигини таъминлашнинг янги материалларга асосланган технологиялари ишлаб чиқилган (Женева давлат университети), тўғон ва дарё гиротехник иншоотларининг ўзан морфологиясининг шакллантириши моделлаштирилган (Вена университети, Австрия; HULL ва Southampton университети, Буюк Британия; Япония сув агентлиги), дарёлар оқимини рационал бошқариш концепцияси ишлаб чиқилган (Department of Geomatic Engineering, Kwame Nkrumah University of Science & Technology (Гана), икки фазали суюқлик ҳаракатини математик моделлаштириш, дарё оқизиклари фракцияларини ҳисоблаш усуллари, Навье – Стокс тенгламасини сонли ечиш усуллари ишлаб чиқилган (Москва давлат университети, Келдиш номидаги амалий математика институти, Давлат гидрология институти, РФА Ҳисоблаш технологиялари ва математик моделлаштириш институти, Россия), икки фазали турбулент оқимларни гидравлик моделлаштириш усуллари ишлаб чиқилган (Украина гидромеханика институти).

Дунёда дарё оқимини бошқариш ва унинг дарё ўзанида юз берадиган жараёнларга таъсири, сув олиш иншоотларининг иш шароити ўзгариши, антропоген босим таъсирини юмшатиш учун ишлаб чиқилган тадбирларни такомиллаштириш бўйича қатор, жумладан қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: антропоген таъсир остида геологик вақт бирлиги оралиғида дарё ҳавзасида юз берадиган деформациялар, уларнинг турлари, масшабини аниқлаш усуллари; дарё ўзанининг шароитга мослашуви, унинг кенлиги, чуқурлиги, нишаблиги, оқим энергиясининг ўзгаришини ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқиш; турли гидрологик ва физик-географик шароитлардаги дарёларда эрозия механизми, оқизиклар транспорти ва чўкиши жараёнининг қонуниятларини такомиллаштириш; ҳаракатлантирувчи ва қаршилиқ кўрсатувчи кучлар дисбаланси оқибатида оқимнинг транспорт қилиш қобилияти ва ўзанининг деформацияси ўлчамларини аниқлаш усуллари ишлаб чиқиш; икки фазали оқим тезлиги ва ўзан деформациясининг ўзаро боғликлигини ифодаловчи қонуниятлар, ўзан жараёнларининг прогнози ва ўзанининг қайта шаклланишига таъсир этувчи параметрларнинг вақт давомида ўзгаришини аниқлаш усуллари ишлаб чиқиш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Ҳозирги вақтда сув омборларининг таъсир доирасини ўрганиш, уларнинг лойқа билан тўлиши ва юқори бьефда подпор масалалари, сув балансининг ҳисоблари ва сув йўқотиш муаммолари А.Б.Авакян, С.Т.Алтунин, К.М.Беркович, В.Ф.Бреховских, Х.А.Исмагилов, А.В.Караушев, О.А.Каюмов, А.Б.Китаев, Ю.М.Матарзин, Д.А.Никифорова, Я.Ф.Плешков, Ш.Р.Поздняков, Л.В.Потапова, М.Я.Прытков, А.Д.Саваренский, А.Г.Сорокин, С.Х.Таглави, Ю.Н.Шавнина, В.И.Штефан, К.К.Эдельштейн, D.W.Baker, B.P.Bledsoe, C.M.Albano, N.L.Poff, G.Williams, R. Poeppel, S.A.Kantoush, Y.G.Lai, B.N.Eustis, D.S. van Maren, S.Heaven, T.Tanton и D.Rycroft ва бошқаларнинг ишларида ёритилган. С.Х.Абальянц, Г.Н.Абрамович, С.Т.Алтунин, К.Ф.Артамонов, Н.М.Бернадский, М.А.Великанов, В.Н.Гончаров, Н.Ф.Данелия, Х.А.Исмагилов, Х.А.Ирмухамедов, Н.Е.Кондратьев, В.С.Лапшенков, И.И.Леви, В.М.Лятхер, В.М.Маккавеев ва Р.С.Чалов, А.М.Мухамедов, Б.А.Фидман, Г.И.Шамов ва бошқа олимлар томонидан дарё оқимининг турбулент структураси ва унинг ювилувчан ўзан ва қирғоқлар билан ўзаро муносабати, ўзан жараёнларининг дарё сув ўтказиш қобилиятига таъсири, дарёлар тубидаги ва муаллақ оқизикларнинг шаклланиши ва трансформацияланиш механизмлари, чўкиндиларнинг кўчиб юриши, ўзан жараёнларини гидравлик моделлаштириш усуллари, дарё ўзанларининг гидроиншоотлар билан ўзаро таъсири масалалари ўрганилиб, уларни лойиҳалаштириш ва фойдаланишида ижобий натижаларга эришилган.

Навье – Стокс тенгламалари ёрдамида суюқлик ҳаракатини математик моделлаштириш, уларнинг сонли ечимида итерацион усулларни қўллаш, айирма схемалари ва ечим алгоритмлари В.А.Базилевич, Е.В.Бруяцкий, У.Далабаев, Ю.М.Денисов, К.Ш.Латипов, А.Н.Милитеев, В.М.Пасконов, А.А.Самарский, М.Шаюсупов, И.А.Шеренков, Г.Шлихтинг, В.А.Шлычков ишларида акс эттирилган. А.В.Деги, В.Г.Иванов, В.М.Ковеня ишларида гидродинамиканинг классик масалаларини ечиш имконини берадиган график тезлатгичлар ва кўп процессорли тизимлар сифатида ахборот технологияларидан фойдаланиш орқали Навье – Стокс тенгламасини сонли ечиш алгоритмлари тақдим этилган. Ўзан жараёнлари, оқим кинематик структураси, ўзанни ростлаш иншоотлари ва оқимнинг планда йўналишини ўзгартириши масалалари Д.Г.Аракелян, М.В.Болгов, В.В.Влацкий, В.Г.Калинина, Е.Курбанбаев, Д.М.Курлович, В.Г.Прокачева, С.В.Пьянков, Л.М.Фалейчик ишларида ўз аксини топган. А.Г.Аверкиев, Т.Ф.Аврова, М.Р.Бакиев, Ф.И.Бондар, И.А.Забабурин, Т.В.Колесникова, Л.К.Малик, М.А.Михалев, Е.В.Орлов, А.С.Офицеров, Е.Д.Хецуриани ва Г.А.Цой ишларида сув олиш ва ўзанни ростлаш иншоотлари конструкциялари, уларни гидравлик ҳисоблаш усуллари, уларнинг дарё оқими ҳаракатига таъсирини тадқиқ этиш натижалари тақдим этилган.

Ҳозирги вақтда республикада сув омборлари иш режимини такомиллаштириш ва бошқарилаётган оқимнинг тўғонсиз сув олиш ва ўзан жараёнларига таъсирининг назарий асосларини ишлаб чиқиш, дарё ўзанини

ростлаш ҳисоблари ва бунда замонавий янги информацион технологиялар асосида сонли ҳисоблаш усуллари қўллаш масалаларига етарлича эътибор қаратилмаган. Шу сабабли сув омборларининг такомиллашган иш режимини ишлаб чиқиш ва ушбу режим таъсири остидаги тўғонсиз сув олиш шароитини яхшилаш, ўзани ростлаш иншоотларининг мукамал конструкцияларини яратиш ва ўзан деформациясини ҳисоблаш усуллари такомиллаштириш каби муаммолар етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасанинг илмий-тадқиқот режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институти (ИСМИТИ) илмий-тадқиқот ишлари режасининг 05/96 сон “Ўзан жараёнини ўрганиш асосида Амударёнинг қуйи оқимидаги ирригация каналларига сув олишни таъминлаш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш” (1996), 01/96-98 сон “Амударёда Туямуюн гидроузели (ТМГУ) Ўзан сув омборини лойқа босишини баҳолаш учун тадқиқотлар комплекси” (1996-1998), 03/02 сон “Тиниқ оқим таъсири зонасида Амударё этагидаги ўзан ҳолати” (2002), 04/02 сон “Султансанжар сув олиш иншоотининг сув келтирувчи, сув ташловчи ва тиниқ сув каналлари ҳолатини баҳолаш” (2003), 05/02 сон “Капарас сув омбори сув олувчи иншоотининг сув кирадиган ва чиқадиган участкалари ҳолатини баҳолаш” (2004), 6.1/2005 сон “ТМГУ сув омборларининг лойқа билан тўлиш жараёнининг мониторинги ва таҳлили асосида улардан фойдаланишни такомиллаштириш” (2006), КХА-7-083-II сон “Дарёнинг қуйи оқими учун салбий оқибатларни пасайтиришни таъминловчи сув омборлари иш режимини такомиллаштириш: Амударё ва Туямуюн гидроузели мисолида” (2009-2011) ва КХА-7-087-2015 сон “Юқори антропоген таъсирлар шароитида ўзан жараёнларини моделлаштириш: Амударёнинг Туямуюн гидроузелидан қуйи оқими мисолида” (2015-2017) мавзуларидаги лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади текислик дарёларидаги сув омборлари иш режимини такомиллаштириш, дарёдан ирригация каналларига тўғонсиз сув олиш шароитини яхшиловчи ўзан ростловчи иншоотларнинг янги рационал конструкцияларини ишлаб чиқиш ва уларни гидравлик ҳисоблаш усуллари такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқот вазифалари:

сув омборлари иш режимининг гидравлик модели ва ҳисоблаш дастурини йилнинг сувлилик даражаси ва сув омбори сифимининг ўзгаришини ҳисобга олган ҳолда ишлаб чиқиш;

ўзан сув омбори косасининг лойқа босишини ҳисоблаш усулини сув омбори сатҳининг ўзгаришини ҳисобга олган ҳолда, ҳамда сув омборидаги сув балансини буғланиш, фильтрация ва лойқа босишини эътиборга олган ҳолда ҳисоблаш компьютер дастурини ишлаб чиқиш;

сув омбори қуйи оқимида дарё ўзанини қайта шаклланиши жараёнида икки фазали оқим гидравликасини ҳисоблаш усуллари Навье-Стокс

тенгламасини уюрма ва оқим функцияси кўринишига келтириш асосида такомиллаштириш;

дарёдан сув олишни бошқарадиган иншоотлар ва улар компановкасининг оқим кинематикаси ва пландаги ўлчамларига, ўзан деформацияси ва сув олиш коэффициентига таъсирини эътиборга олган ҳолда ҳисоблаш усуллариини такомиллаштириш;

сув омбори таъсир зонасида дарёдан ирригация каналларига тўғонсиз сув олишда каналга оқизиклар киришини камайитириш ва сув олиш коэффициентини кўтаришга олиб келувчи конструктив элементлар қўшиш асосида ўзанинн ростлаш иншоотларининг рационал конструкцияларини ишлаб чиқиш;

сув омбори косаси ва тўғонсиз сув олиш амалга оширилаётган зоналарда дарё ўзани морфологик характеристикаларини ARCHGIS дастурини қўллаш асосда ГАТ моделини 3D форматда ишлаб чиқиш;

сув омборлари иш режимини такомиллаштириш ва ўзанинн ростлаш иншоотларининг самарадор конструкциялари ва усуллари бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш.

Тадқиқот объектлари сифатида Амударёдаги Ўзан, Капарас, Султонсанжар, Қўшбулоқ сув омборлари, Тошсака, Карамазисака, Байрамсака, Дарёликарна, Қиличниеъзбой ва Пахтаарна каналларига сув олиш иншоотлари, шунингдек, ўзанинн ростловчи иншоотлар олинган.

Тадқиқот предмети сув омборлари, дарёдаги тўғонсиз сув олиш иншоотлари ва ўзанинн ростловчи иншоотлар зонасидаги ўзан жараёнлари, сув омборларининг иш режими ва уларнинг лойқа босиши, ўзанинн ростлаган ҳолда сув олишдаги оқим кинематикаси ва унинг планда ўзгариши ташкил этади.

Тадқиқот усуллари. Тадқиқот жараёнида экспериментал ва далак-кузатувининг умумий қабул қилинган усуллари, математик ва гидравлик моделлаштириш ва уларни сонли ечиш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

сув омборлари мажмуаси иш режимининг гидравлик модели ва ҳисоблаш дастури йилнинг сувлилик даражаси, оқизик ва чўкиндила-р ҳаракати ҳамда сув омбори сифими ўзгаришини ҳисобга олган ҳолда ишлаб чиқилган;

сув омборининг лойқа босишини ва ундаги сув балансини ҳисоблаш усули сув сатҳининг ўзгариши ва сув йўқотишларни эътиборга олган ҳолда ишлаб чиқилган;

ростланган дарё ўзанидан тўғонсиз сув олишда икки фазали турбулент оқим ҳаракатининг гидравлик модели ва ҳисоблаш усули Навье-Стокс тенгламасини уюрма ва оқим функцияси орқали ифодалаш асосида такомиллаштирилган;

дарё оқимининг тўғонсиз сув олиш иншоотлари зонасидаги оқим режасини қуриш, кинематик характеристикалари ва ўзан деформациясини

ҳисоблаш усуллари ўзан ростловчи иншоотларнинг оқим йўналишига ва оқизикларга таъсирини ҳисобга олган ҳолда такомиллаштирилган;

дарёдан тўғонсиз сув олишда оқимни ирригация каналларига йўналтирувчи сув олиш иншоотининг рационал конструкцияси оқизикларнинг каналга киришини камайтириш ва сув сатҳи команда горизонтини кўтаришни ҳисобга олган ҳолда ишлаб чиқилган;

сув омбори туби ва дарё ўзанининг тўғонсиз сув олиш иншоотлари зонасидаги морфологик характеристикаларини аниқлаш учун 3D форматда геоинформацион моделлаштириш усули ГАТ технологиялар асосида ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ўзан сув омборларининг такомиллаштирилган режими йилнинг сувлилик даражасини ҳисобга олган ҳолда, уларнинг лойқа билан тўлишини секинлаштириш ва минималлаштиришга қаратилган сув омборлари мажмуасидан фойдаланиш тартиби ишлаб чиқилган;

сув сатҳининг ўзгарувчанлигини ҳисобга олган ҳолда сув омборларининг лойқа босишини ҳисоблаш усули такомиллаштирилиб, сув балансини ҳисоблаш компьютер дастури ишлаб чиқилган;

ўзани ростловчи иншоотларнинг ҳимоя ишлари ҳажмини аниқлаш учун, ушбу иншоотлар таъсири доирасида оқимнинг кинематик характеристикаларини аниқлаш ва иншоот бош қисмида ўзанининг ювилиш чуқурлигини ҳисоблаш усули такомиллаштирилган;

дарё ўзанини ростлаган ҳолда тўғонсиз сув олишда ўзан ростловчи иншоотлар конструктив элементларини ҳисоблаш усуллари такомиллаштирилиб, ирригация каналларига тўғонсиз сув олишда оқизикларни дарёга йўналтирувчи ва сув оқимини каналга йўналтирувчи иншоотларнинг янги конструкцияси ишлаб чиқилган;

дарё қуйи оқимида жойлашган барча сув олиш объектларини киритган ҳолда, сув балансини электрон ҳисоблаш дастури ва сув объектлари кадастри маълумотлар базасини яратиш учун компьютер дастури ишлаб чиқилган.

сув омборлари ва тўғонсиз сув олиш жойида дарё ўзани морфологиясини 3D форматда геоинформацион моделлаштириш усули ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги назарий ечимларни ишлаб чиқишда умум қабул қилинган физик қонунлар ва синовдан ўтган математик усулларга асосланган, олинган назарий натижаларни амалга оширилган экспериментал ва амалда ўтказилган тадқиқотлар натижалари билан солиштирилган, ҳамда бошқа олимлар томонидан олинган маълумотлар билан таққослаб текширилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти гидравлик модел ва ҳисоблаш дастурини ишлаб чиқиш асосида сув омборларининг иш режимини йилнинг сувлилик даражаси ва лойқа босишини минималлаштиришни инобатга олган ҳолда

такомиллаштириш, ўзгарувчан сув сатҳи шароитида лойқа босишини ҳисоблаш, икки фазали оқим ҳаракатининг “оқим функцияси ва уярма” моделини қўллаб назарий асослаш ва ростланган ўзандан тўғонсиз сув олишда оқим кинематик майдонини ҳисоблаш, бунда оқим бўлиниши моделининг сонли ечимини ишлаб чиқиш, моделни ечиш алгоритми ва ҳисоблаш усуллари тақомиллаштириш билан изоҳланади.

Тадиқот натижаларининг амалий аҳамияти сув омборларининг тақомиллашган иш режимини ишлаб чиқиш ва лойқа босиши жараёнини секинлаштириш, сув омборларининг фойдали ҳажмини, тўғонсиз сув олиш зонасида ўзан деформацияси кўлами ва ҳажмини тезкор аниқлаш, суғориш каналларига сув олиш шароитларини яхшилаш учун ўзанни ростловчи иншоотларнинг конструктив элементлари ўлчамларини белгилаш орқали сув ресурсларини бошқариш самарадорлигини ошириш имконини бериши билан изоҳланади.

Тадиқот натижаларининг жорий қилиниши. Сув омборлари иш режимини тақомиллаштириш ва дарёдан тўғонсиз сув олишда ўзан ростлашнинг ҳисоблаш усуллари тақомиллаштириш бўйича олинган натижалар асосида:

ростланган ўзанидан тўғонсиз сув олишда оқим ҳаракатланиш тенгламасининг сонли ечими алгоритми ва ҳисоблаш усули, ўзан деформацияси ва маҳаллий ювилиш чуқурлиги, ўзан деформациясининг пландаги ўлчамларини аниқлаш усули Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Амударё ҳавза сув хўжалиги бирлашмаси томонидан Амударё қуёи оқимида жойлашган тўғонсиз сув олиш иншоотлари учун жорий этилган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2018 йил 6 ноябридаги 01/18-2159-сон маълумотномаси). Натижада суғориш каналларига сув олишда оқимни йўналтирувчи иншоотлар ёрдамида сув сатҳини кўтариш орқали олинаётган сув миқдорини 6-8 фоизгача кўпайтириш имкони яратилган;

сув омборларининг тақомиллашган иш режими Ўзан сув омборини лойқа босишини ва гидроузел қуёи бўефида тўғон олди участкасида дарё профилининг ўзгаришини ҳисоблаш усули Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Туямуюн гидроузели эксплуатацияси бошқармаси томонидан Туямуюн сув омборлари учун жорий этилган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2018 йил 6 ноябридаги 01/18-2159-сон маълумотномаси). Натижада тақомиллашган иш режими сув кам йилларда сув билан таъминланганликни 2-2,3 км³ (36%)га, ўртача сувлиликда 0,5-0,67 км³ (5-6%)га кўтариш, сув кўп йилларда сув омборидан 200-280 млн. м³ лойқа ювилиши ҳамда 250-310 млн. м³ оқизиклар транзит бўлиши имкони яратилган;

ирригация тизимининг ГАТ маълумотлар базаси ва оператив қарор қабул қилишни қўлловчи компьютер дастури Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Қуёи Амударё Ирригация тизимлари ҳавза бошқармасининг Қизкеткен-Кегейли ирригация тизимлари бошқармаси томонидан жорий қилинган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2018 йил 6 ноябридаги 01/18-2159-сон маълумотномаси). Натижада ирригация тизимининг эксплуатацион

самарадорлигини ошириш ҳисобига сув йўқотишлар ҳажмини 10-15 фоизгача камайтириш имкони яратилган;

сув омборлари ва сув олиш иншоотлари ҳудудида ўзан морфологиясининг 3D форматдаги ГАТ моделлари, дарё участкалари бўйича сув балансини ҳисоблаш учун компьютер дастури, ГАТ моделлари асосида маълумотлар базаси Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Амударё чап қирғоқ Ирригация тизимлари ҳавза бошқармаси томонидан Амударёнинг Туямуюн-Кипчоқ участкасидаги сув олиш иншоотлари учун жорий этилган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2018 йил 6 ноябридаги 01/18-2159-сон маълумотномаси). Натижада сув ресурсларини тўғри тақсимлаш, баланс участкалар доирасида сув билан таъминланганлик даражасини аниқлаш, сув таҳчиллигида сувни тезкор қайта тақсимлаш, ҳамда сув йўқотишларни камайтириш эвазига 320-400 млн. м³ сувни тежаш, 35-47 минг га майдоннинг сув таъминотини яхшилаш имкони яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари халқаро, республика ва институт миқёсидаги 40 та анжуманларда муҳокама қилинган ва маъқулланган, шу жумладан 18 та халқаро ва 22 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 46 та илмий ишлар чоп этилган. Шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фан доктори диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 11 та мақола, жумладан 4 та мақола республика ва 7 та мақола хорижий журналларда нашр қилинган, 2 та муаллифлик гувоҳномаси олинган.

Диссертация тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ишининг ҳажми 198 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Диссертациянинг **Кириш** қисмида Ўзбекистонда ва жаҳонда ўтказилган тадқиқотлар асосида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, мақсади ва вазифалари, тадқиқот объекти ва предмети ифодаланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикасида фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалар баён этилган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, илмий ва амалий аҳамияти ёритилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий этилиши, ишнинг апробацияси, чоп этилган натижалар ва диссертация тузилиши ва ҳажми бўйича маълумот берилган.

Диссертациянинг **“Оқим ҳажмини бошқариш ва дарё ўзанининг юқори ва пастки бьефларида қайта шаклланишига оид тадқиқотларнинг тавсифи”** деб номланган биринчи бобида мавжуд

тадқиқотлар таҳлили келтирилган. Сув омборларининг дарё гидрологик режимига таъсири ва бунда рўй берадиган ўзан жараёнлари Авакян А.Б., Алтунин С.Т., Беркович К.М., Бреховских В.Ф., Караушев А.В., Матарзин Ю.М., Поздняков Ш.Р., Потапов Л.В., Саваренский А.Д., Таглави С.Х., Штефан В.И., Эдельштейн К.К., Скрыльников В.А. каби кўплаб миллий ва чет эл олимлари томонидан ўрганилган. Сув омборларининг лойқа босишини ҳисоблашда уларнинг ўзига ҳослигини ҳисобга олувчи қатор усуллар ишлаб чиқилган. *Биринчи гуруҳ усуллари* амалда ўтказилган тадқиқотларга асослангани учун бунда баъзи кўрсаткичлар тахминий олинган бўлиб, дастлабки ҳисоблар учун қўлланилади. *Иккинчи гуруҳ усуллари* сув омборларидаги лойқаланиш ҳажмини аниқлашда ундаги оқимлар транспорт қилиш қобилиятининг ҳисобий створлардаги фарқига асосланган. Ушбу усулнинг камчилиги шундаки, ҳисобий вақт интервалида оқим характеристикалари ва лойқаланиш жадаллиги ўзгармас қабул қилинади. *Учинчи гуруҳ усулларида* лойқаланиш ҳажми ўзан ва оқим характеристикаларининг тўхтовсиз ўзгариб боришини ҳисобга олган ҳолда аниқланади. Улар баланс усули деб аталади ва лойқа босиш жараёнида оқим транспорт қилиш қобилиятининг ўзгариши ҳисобга олинади.

Оқим ҳажмини бошқариш назариясининг ривожланишида С.Х.Абальянц, Г.Н.Абрамович, С.Т.Алтунин, К.Ф.Артамонов, М.А.Великанов, В.Н.Гончаров, Н.Ф.Данелия, Н.Е.Кондратьев, В.С.Лапшенков, И.И.Леви, В.М.Лятхер каби кўплаб олимларнинг ишлари муҳим роль ўйнади. Н.М.Бернадский, В.М.Маккавеев, Р.С.Чалов ва Г.И.Шамовларнинг изланишлари ўзан деформацияси ва дарёдан сув олишда оқимнинг бўлиниши масалаларига бағишланган бўлиб, улар ўзгарувчан массали оқимлар гидравликаси бўлимининг яратилишида муҳим асос бўлдилар. Бу хусусда Т.Г.Войнич-Сяноженский, Б.И.Емцев, Б.А.Фидман, И.А.Шеренков ишланмалари орқали муваффақиятга эришилган. Бунда ёпишқоқ ва сиқилмайдиган суюқлик ҳаракати динамикаси масалалари ечими берилган бўлиб, Навье-Стокс тенгламалари ва уларни ечиш хусусиятларидан бошлаб турбулентликнинг статик назариясигача бўлган оқим динамикаси таҳлилининг асосий усуллари келтирилган. $Re > 1000$ ҳолатида ёпишқоқ суюқлик тенгламаларини ечишнинг сонли усуллари ишлаб чиқиш мураккаб муаммо бўлиб қолмоқда.

Марказий Осиёда гидротехника фани ютуқлари, ҳамда С.Т.Алтунин, А.М.Мухамедов, К.Ш.Латыпов, М.Р.Бакиев, Х.А.Ирмухамедов, Х.А.Исмагилов, О.А.Каюмов, ва бошқа олимлар меҳнати натижалари асосида дарёдан сув олишда ўзан ростловчи иншоотларни лойиҳалаш, қуриш ва улардан фойдаланиш бўйича катта тажриба тўпланган. Бунда дарё ўзанининг шаклланиши, оқим йўналишининг ўзгариши усуллари ўзанни ростлаш ва дарёдан сув олиш муаммоларининг янгича ечимларини берди.

Юқорида келтирилган ишлар таҳлили шуни кўрсатдики, сув омборлари иш режимини назарий асослаш, ўзанни ростлаган ҳолда дарёдан сув олиш гидравликаси, ушбу иншоотларнинг оқим кинематикаси ва пландаги

ўлчамларига таъсири ва бошқа масалалар яна тадқиқотлар ўтказишни талаб қилади. Сув омборлари, сув олиш иншоотлари ва ўзан ростловчи иншоотларнинг ўзаро таъсири, бунда содир бўладиган ўзан жараёнлари ва уларни замонавий информацион технологиялар ёрдамида ҳисоблаш масалалари мажмуа ҳолида етарли ёритилмаган.

Диссертациянинг “Оқим ҳаракатининг сув омбори соҳаси ва унинг пастки бьефида узок масофага таъсирининг назарий тадқиқотлари” деб номланган иккинчи боби сув омборлари иш режимини ва тўғонсиз сув олиш зонасида дарё ўзанидаги икки фазали оқим ҳаракатини моделлаштиришга бағишланган.

Сув омбори иш режимини моделлаштиришда дастлабки маълумотлар сифатида: i – ҳисобий ойлар, Q_i – дарё оқими, Q_i^L – белгиланган сув бериш лимити қабул қилинган. Сув омборининг ∇ НДС даги тўла ҳажми лойқаланиш модели асосида қабул қилинган. Энг пастги отметкадаги сув омборининг ҳажми $W_{\min}=f(\nabla_{\min})$ боғланиш асосида аниқланади. Ҳисоблашда дефицитни қоплаш учун сув захирасининг йиғинди ҳажми, дарё оқимининг ҳисобий даврга мўлжалланган лимитдан ортиқ қисми, ой бошидаги сув сатҳи ва сув омборидан бўладиган сув йўқотин ҳисобга олинади. Бунда кўрилатган ойда фойдаланиш учун берилаётган сув ҳажми қуйидагига тенг:

$$W_{i\phi}^B = D^B (W_i^D - W_{i\phi}^P) + W_i^B \quad (1)$$

Бу ерда D^B – сув омборидаги захиранинг улуши; W_i^D – дефицитни қоплаш ҳажми; $W_{i\phi}^P$ – сув омборида ўртача ойлик ҳажм. Сув омборини тўлдириш ва ташлама сув ҳажмини аниқлашда қуйидаги формулалардан фойдаланилади:

$$W_{\text{бош } i}^P = W_{\nabla cc}^P + W_{\mu(i+1)}^P \quad (2)$$

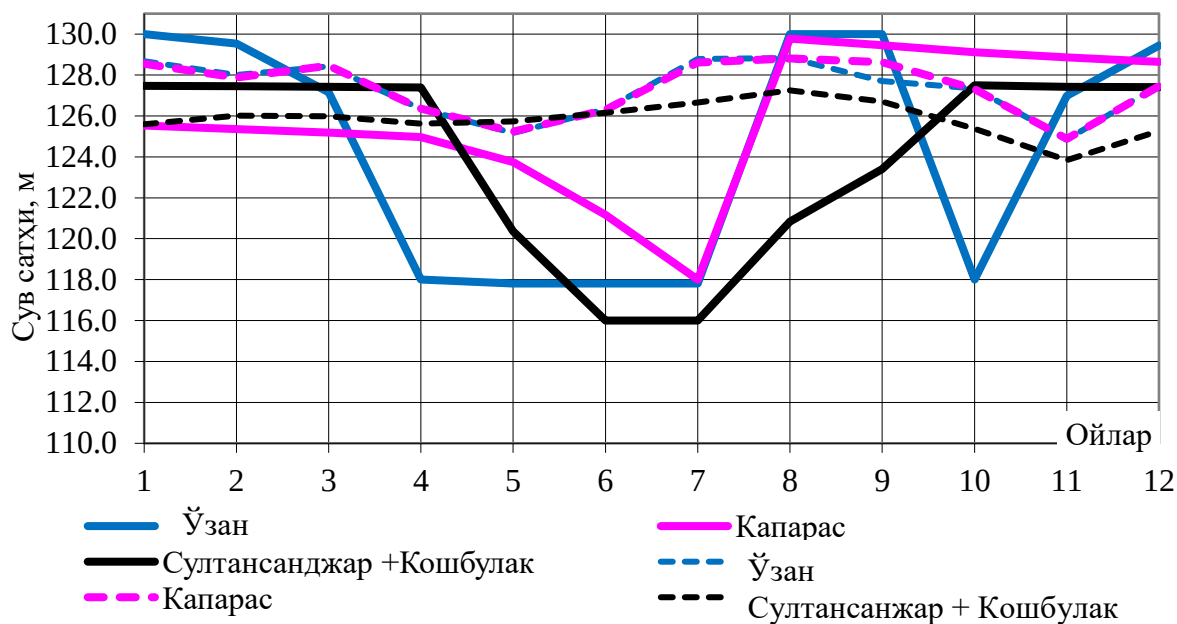
$$\sum W_{i\text{таш}} = W_{i\text{дарё}} + \sum W_{i\phi} - \sum W_{i\text{тўл}} \quad (3)$$

Бу ерда $W_{i\text{тўл}}$ – сув омборини тўлдиришга кетган сув; $W_{i\text{таш}}$ – пастки бьефга ташланаётган сув ҳажми. Туяму юн гидроузели сув омборларининг сув кам, ўртача сувлилик ва кўп сувлик йиллар учун лойқаланиш даражасини ҳисобга олган ҳолда, уларнинг ишлаш режимини кўп йиллик ўртача маълумотлар асосида ҳисоблаш модели ишлаб чиқилган бўлиб, натижалари ҳақиқий иш режими билан таққосланган ҳолда 1-расмда келтирилган.

Таклиф қилинаётган сув омборининг моделлари шундай режим танлаш имконини берадики, бунда сув омборидан сув йўқотиш камаяди, сувга талабни қондиради, катта сув оқимини кесади, пастки бьефга ташланадиган сув сарфининг 4000 м³/с дан ошмаслигини ва Амударё қуйи оқимида тошқин ҳавфидан бўладиган зарарнинг олдини олади.

Лойқа босишини ҳисоблашда оқимнинг тиниқлик даражаси ва оқим майда муаллақ заррачалари транспортини амалга ошира оладиган ўзи шаклланувчи ўзан (СР) ҳажми W_p ҳисобга олинади. СР ўзан кўндаланг кесими юзасини димланиш бўлаётган участка узунлигига кўпайтириш орқали аниқланади. Димланиш йўқ бўлса, сув омборининг ҳисобий ҳажми СР ҳажмига тенг, яъни $W_{\text{хис}} = W_p$. Шундай қилиб, $W_p/W_{\text{хис}}=1$ бўлганда, оқимнинг

тиниқлик даражаси $\varepsilon = 0$ га тенг. $W_{\text{хис}} > W_p$ ва $W_p/W_{\text{хис}} < 1$ бўлган ҳолатларда эса оқимнинг тиниқлиги $\varepsilon > 0$, яъни оқимнинг тиниқлик коэффиценти ўзан ва сув омбори ҳажмлари ўзаро нисбатининг функциясидир.



1-расм. Туямуён гидроузели сув омборларининг иш режими:
— хисобий режим, — — — амалдаги иш режими

Маълумотлар таҳлили шуни кўрсатдики, оқимнинг тиниқлик даражаси икки босқичга бўлинади: биринчи босқичда ε ўзгармас ва амалда $\varepsilon=1$ га тенг; иккинчи босқичда $\frac{W_p}{W_{\text{хис}}}$ нисбатнинг ўсиб бориши давомида тиниқлик коэффиценти $0 \geq \varepsilon \leq 1$ ораликда ўзгариб боради. Биринчи босқичдан иккинчи босқичга ўтиш мезони $\frac{W_p}{W_{\text{хис}}} = 0,1$ га тенг. Ушбу мезонга биноан, агар сув омбори сифими $W_{\text{хис}} = 8.33W_p$ шартни қониқтирса, уни лойқа босиши жараёни иккинчи босқич билан чегараланади. Сув омбори сатҳининг ўзгариб туриши характерли бўлгани учун лойқани ҳисоблашда сув омборининг тўлаётгани ёки бўшатилаётганидаги сатҳига мос параметрларини эътиборга олишга тўғри келади. Сув омборини лойқа босиши ҳажми ва муддатини прогноз қилинаётганда, ҳамда контрол ҳисоблар бажарилаётганда сув омбори ҳажми қуйидаги формула билан аниқланади:

$$W_{\text{хис(н)}} = \frac{W_{\text{п}} W_{\text{пн}} (H_{\text{нн}} - H_{\text{с}})}{W_{\text{п}} (H_{\text{ндс}} - H_{\text{с}})} \quad (4)$$

ушбу ҳолатда оқимнинг тиниқлик коэффиценти қуйидагига тенг:

$$\varepsilon = 0,041 \left(\frac{W_{\text{п(н)}} (H_{\text{ндс}} - H_{\text{с}})}{W_{\text{п}} (H_{\text{нн}} - H_{\text{с}})} \right)^{-1,5} \quad (5)$$

бу ерда $W_{\text{п}}$ – НДС отметкада сув омборининг фойдали ҳажми, млн.м³; $H_{\text{нн}}$ – сув омборининг ҳисобий сатҳи (бошланғич); $H_{\text{с}}$ – ҳажм ўзан сифимига тенг бўлгандаги сатҳ отметкаси. Қўшма отметкалар $H_{\text{с}}$ ўзан ва сув омбори

графикларининг кесишган нуқтасига тенг (2-расм). Ҳисоблашда қўшма отметкалар қуйидаги формулалар ёрдамида аниқланади:

$$H_{c.k(i)} = H_{c.k(i-1)} + \Delta h_{чўк} \quad (6)$$

$$H_{c.k(i)} = H_{c.k(i-1)} + \Delta h_{юв} \quad (7)$$

бу ерда, $\Delta h_o, \Delta h_p$ – чўкиш ва ювилиш қатламларининг ўртача қалинлиги:

$$\Delta h_{чўк} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\Delta W_{чўк} i}{B_p (H_{c.k(i-1)} + H_{пор})} \quad (8)$$

$$\Delta h_{юв} = \frac{\Delta W_{юв} i}{B_p (H_{c.k(i-1)} + H_{пор})} \quad (9)$$

бу ерда i – ўзан нишаблиги, B_p – турғун ўзан кенглиги, м; $\Delta W_{чўк}, \Delta W_{юв}$ – ҳисобий даврда чўкиндилар ва ювилишлар ҳажми. Сув омборини ишлатишда сув сатҳи ўзгариши ҳисобига лойқа босишга таъсир кўрсатувчи шартлар ҳам ўзгаради.

$\frac{W_{p(n)}}{W_{хис(n)}} \leq 0,12$ нисбатда оқизиклар

чўқади. 0,12-1,0 ораликда турли жадалликда лойқа босиши кузатилади. Ҳажмлар нисбати 1,0 га тенг бўлганда муаллақ заррачалар транспорти юз бериб, 1,0 дан ошганда чўкиндиларнинг қуйи бьефга ювилиши кузатилади. Сув омборининг турли иш режимлари учун қуйидаги ҳисоблаш тартиби келтирилган:

1-босқич. Агар сатҳнинг ўзгариши НДС дан H_c гача бўлган диапазонда ўзгарса, сув омборини лойқа босиши жараёни кузатилади. Бунда сув омборининг бўшатилиши ва тўлдирилиши жараёнида оқизиклар чўкиши ҳажми қуйидаги формулага асосан аниқланади:

$$\Delta W_{чўк} = 1,2 \rho_{вх} W_{пр} \left(1 - \frac{W_{бош}}{W_{ох}} \right) (1 - \varepsilon) \quad (10)$$

бу ерди $\rho_{вх}$ – сув омборига кираётган оқим лойқалиги, кг/м³; $W_{пр}$ – келаётган сув ҳажми, млн.м³; $W_{бош}, W_{ох}$ – бошланғич ва охириги ҳажмлар, млн.м³; $W_{пр}$ – сув омборидан сув чиқарилаётгандаги дарё оқими ҳажми.

2- босқич. Бунда ҳисобий сатҳлар ва отметкалар нисбатининг учта варианты кўрилади:

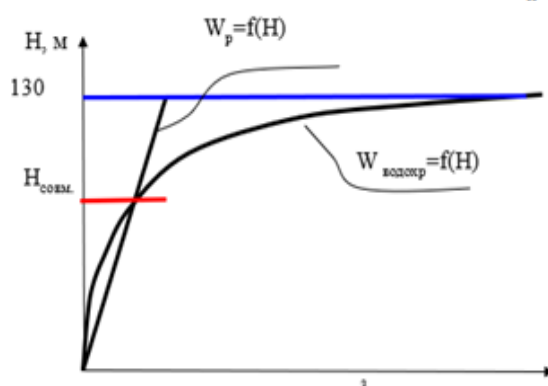
А) Қачонки $H_{ну} > H_c$ ва $H_{ку} < H_c$ қўшма отметкагача бўлганда оқизиклар чўкиши жараёни кузатилади ва уларнинг ҳажми қуйидагича аниқланади:

$$\Delta W_{чўк} = 1,2 \rho_{вх} W_{пр} \varepsilon A \quad (11)$$

$$\text{Бу ерда } A = \frac{H_{ну} - H_c}{H_{ну} - H_{ку}}$$

Сув омборида сув сатҳининг отметкаси қўшма отметкадан пастда бўлганда ювилган чўкиндилар пастки бьефга оқади ва уларнинг ҳажми ушбу формула билан аниқланади:

$$\Delta W_{юв} = 1,2 \rho_{юк} [W_{пр} (1 - A) + (W_c - W_{ох})] \quad (12)$$



2- расм. Қўшма
отметкани аниқлаш

бу ерда, $W_{\text{пр}}$ – сатҳлар $H_{\text{НУ}}$ дан H_c гача ўзгаради; $\rho_{\text{доп}}$ – оқимга туб чўкиндиларнинг ювилиши ҳисобига бўладиган юклама, кг/м³. Уни аниқлаш формуласи:

$$\rho_{\text{юк}} = \frac{B_p^1 \mu (H \sum \text{чўк} - H_{\text{КУ}})}{1,2iQ_p^1} \quad (13)$$

бу ерда μ – чўкиндининг ювилиш жадаллиги, мм/сек; $H \sum \text{чўк}$ – чўкиндилар отеткаси, лойихавий ҳажмлар графигига асосан белгиланади; Q_p^1 – ўртача ойлик сув келиши, м³/с; $B_p^1 - Q_p^1$ га мос бўлган ўзан кенглиги, м.

Б) Қачонки $H_{\text{НУ}} < H_c > H_{\text{КУ}}$ бўлганда ювилаётган туб чўкиндилар оқим билан пастки бьефга чиқарилади ва ҳажми қуйидагича аниқланади:

$$\Delta W_{\text{юв}} = 1,2\rho_{\text{вх}} W_p^1 \quad (14)$$

Бу ерда $W_p^1 = Q_p^1 \cdot \frac{H_c - H_{\text{КУ}}}{\mu}$. Агар $W_p^1 > W_{\text{пр}}$ бўлса, ҳисоб учун $W_{\text{пр}}$ қабул қилинади. Ўзан кенглиги ушбу формулага билан аниқланади:

$$B_p^1 = \frac{Q_p^1}{V_p H_p} \quad (15)$$

Бу ерда, $V_p - 1,0 \div 1,2$ м/с; H_p – турғун ўзан чуқурлиги, м.

В) $H_{\text{НУ}} < H_c$ ва $H_{\text{КУ}} > H_c$ шартда сув омбори тўлдирилиши жараёни юз беради. Бу ҳолда ювилиш ҳажми қуйидагича аниқланади:

$$\Delta W_{\text{юв}} = 1,2\rho_{\text{юк}} [W_{\text{пр}}(1 - A) + (W_{\text{бош}} - W_c)] \quad (16)$$

Сув омборида сув сатҳининг қўшма отеткадан охирги ҳисобий отеткагача кўтарилишида чўкиндилар ҳажми қуйидагича аниқланади:

$$\Delta W_{\text{чўк}} = 1,2\rho_{\text{вх}} W_{\text{пр}} \left[(1 - A) - \left(1 - \frac{AW_c}{W_{\text{ок}}} \right) (1 - \varepsilon) \right] \quad (17)$$

Шундай қилиб, сув омборини лойқа босиши ҳажмини ҳисобланганда, унда ҳисобий давргача бўлган чўкинди ҳажми ва йилнинг сувлилик даражасини эътиборга олинади.

Дарё ўзанидаги оқим ҳаракати узлуксиз муҳит механикаси моделларига, хусусан Навье-Стокс тенгламаларига асосланади. Бир жинсли сиқилмайдиган ёпишқоқ суюқлик учун тенгламалар системаси қуйидаги шаклга эга:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + (V \nabla) V = -\frac{1}{\rho} \text{grad} P + \nu \Delta V + F n \quad (18)$$

$$\text{div} V = 0$$

бу ерда V – тезлик вектори; F – куч функцияси; P – босим; n – бирлик вектори; t – вақт; $\nu = \mu / \rho$ – кинематик ёпишқоқлик коэффиценти. Ясси масала учун $U_z = 0$. (18) тенгламани **ox** ни у ўқларига ва **oy** ни x ўқига нисбатан дифференциаллаб, босимни чиқариб ташлаб, уюрмани $\omega = \frac{\partial u_y}{\partial x} - \frac{\partial u_x}{\partial y}$ кўринишда ифодалаб, оқим функциясини $ux = \frac{\partial \psi}{\partial y}$ ва $uy = -\frac{\partial \psi}{\partial x}$ кўринишда киритиб, қуйидагига эга бўлинади:

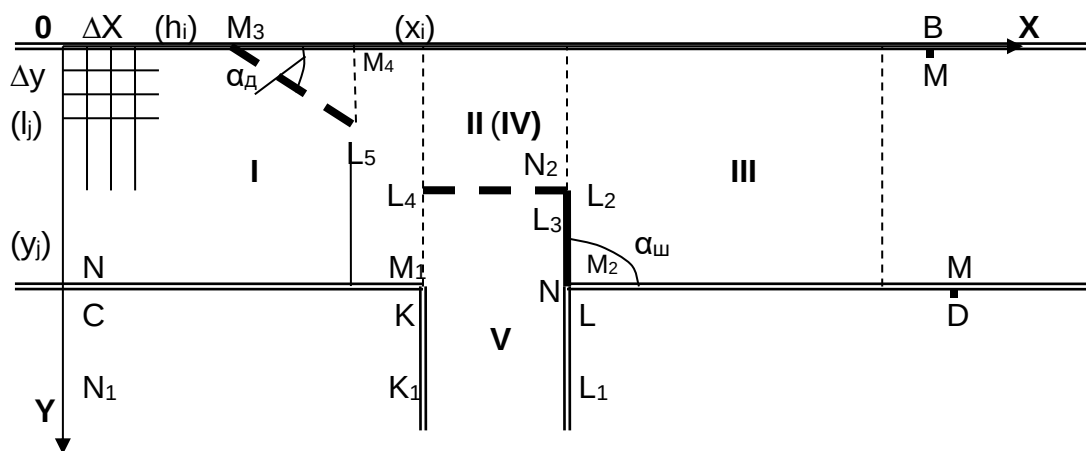
$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + u_x \frac{\partial \omega}{\partial x} - u_y \frac{\partial \omega}{\partial y} = \nu \nabla^2 \omega \quad (19)$$

Узлуксизлик тенгламаси $\nabla^2 \psi = -\omega$ га биноан юқоридаги тенгламалар ω ва ψ ни аниқлаш учун берк тизимни ташкил қилади. Ҳосилани чекли-айирма

шаклда ёзиш учун оқим соҳаси координата йўналишлари бўйича Δx ва Δy ўлчамли сеткага билан қопланади (3-расм). Конкрет физик вазиятга мос келадиган қуйидаги чегаравий шартларни қабул қиламиз: сув ўтказмайдиган қаттиқ юза - қирғоқлар учун “ёпишқоқлик” шартини қўллаймиз: $u=0$; $V=0$; $\psi_{i0}=0$; $\psi_{jN}=1.0$, бу ерда $i=0, 1, \dots, M$; $j=0, 1, N$ – сеткадаги нуқталар тартиб рақами. Кириш ва чиқишда бўйлама тезликлар шarti ва оқим функцияси параболик қонуният билан акс эттирилади: $u=6y(1-y)$; $V=0$; $\psi=y^2$ (3-2у). Сув олиш иншоотига киришдаги шартлар:

$$u=0; V = \frac{Q_B}{l_{KL}}; \psi = 1 - Q_B \frac{x_i - x_{M1}}{x_{M2} - x_{M1}} \quad (20)$$

бу ерда, m_1 ва m_2 – канал створининг боши ва охиридаги нуқталарнинг тартиб рақами.



3-расм. Дарёдан сув олишда ўзанини ростловчи иншоотлар таъсиридаги оқимнинг тезлик майдонини ҳисоблаш схемаси

Уюрма учун чегаравий шартлар берилмаганлиги сабабли, уларни оқим функцияси тенгламасидан чегарагача адолатли деб қабул қилинади, релаксация амалга оширилади ва уюрма қиймати ушбу кўринишда тақдим этилади:

$$\omega_r^{n+1} = \alpha f(\psi^{n+1}) + (1-\alpha)\omega_r^n \quad (21)$$

бу ерда α - релаксация параметри бўлиб, $0 \leq \alpha \leq 1$ ораликда ўзгаради;

$f(\psi^{n+1})$ – чегарадаги уюрма, $\omega^{n+1} = \frac{2\psi_i^n}{h^2}$ кўринишдаги оқим функцияси тенгламаси боғланиши, $\omega_0 = \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2}$ тенгламани $y = \text{const}$ ҳолатида апроксимация қилиш орқали олинади.

Кўрилатган участка учун чегаравий шартлар икки кўринишга эга бўлади: тезлик ва оқим функцияси учун стационар, ҳамда уюрма учун – стационар бўлмаган. Тезликлар майдонини ҳисоблаш ва оқим планини қуриш учун чегаравий шартлар дарё, канал ва иншоотлар учун айрим ҳолда шакллантирилган. Уюрма тенгламасини ечиш учун ўзгарувчан йўналишлар усули қўлланган, ва тенглама қуйидаги кўринишга эга:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} = (L_1 + L_2)\omega + F \quad (22)$$

бу ерда, L_1, L_2 – турли йўналишларда ҳаракатланувчи бир хил ўлчовли операторлар.

Тенгламани ечиш икки босқичда амалга оширилади: 1-босқичда йўналишлардан бири бўйлаб прогонка қилинади ва ярим бутун вақт қатламида ечим топилади, сўнгра 2- йўналиш бўйлаб бутун қатлам учун прогонка амалга оширилади ва ω^{n+1} нинг ечимини Самарский операторидан фойдаланиб аниқланади. Тенглама қуйидаги кўринишга келтирилади:

$$-\alpha_i \omega_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}} + \beta_i \omega_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - \gamma_i \omega_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}} = f_i \quad (23)$$

$$-\alpha_j \omega_{i,j-1}^{n+1} + \beta_j \omega_{i,j}^{n+1} - \gamma_j \omega_{i,j+1}^{n+1} = f_j \quad (24)$$

бу ерда α, β, γ - коэффициентлар. (23) ва (24) тенгламалар чегаравий шартлар билан биргаликда $(n+1)$ қатлам учун аниқланаётган ω қийматига нисбатан тенгламалар системасини ташкил қилади. $(n+1)$ қатламдаги қийматни топиш учун аввал прогонка коэффициентлари тўғри прогонка орқали рекуррент муносабатда аниқланади:

$$\omega_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} = A_i \omega_{i+1}^{n+\frac{1}{2}} + B_i, \quad (25)$$

бу ерда $A_i = \frac{\gamma_i}{\alpha_i A_{i-1} + \beta_i}$; $B_i = \frac{f_i - \alpha_i B_{i-1}}{\alpha_i A_{i-1} + \beta_i}$
 $i=1, 2, \dots, M-1$;

Прогонка коэффициентлари A_i ва B_i ни аниқлаб, чегаравий шартлардан фойдаланиб, $m = M-1, M-2, \dots, 2, 1$ учун $\omega_m^{n+0,5}$ нинг қийматини рекуррент муносабат орқали аниқланади:

$$\omega_{i,j}^{n+1} = A_j \omega_{j+1}^{n+1} + B_j, \quad (26)$$

бу ерда $A_j = -\frac{\gamma_j}{\alpha_j A_{j-1} - \beta_j}$; $B_j = -\frac{f_j - \alpha_j B_{j-1}}{\alpha_j A_{j-1} + \beta_j}$

Жараён қуйидаги аниқлик мезони қониқтирилмагунча давом этади:

$$\max |\omega_{i,j_n}^{n+1} - \omega_{i,j_n}| < \varepsilon \quad (27)$$

бу ерда $\varepsilon=0,01$.

Оқим функцияси тенгламасини ечиш учун суюқликнинг узлуксизлик тенгламасини стационар бўлмаган тенглама билан алмаштирамиз

$$\frac{\partial \psi}{\partial \sigma} = \Delta \psi - \omega, \quad (28)$$

бу ерда σ - итерация параметри.

Тенгламаларни ечиш учун ўзгарувчан йўналишлар прогонкаси усулини қуйидаги формула орқали қўлланади:

$$\psi_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} = A_i \psi_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}} + B_i \quad (29)$$

(23 ва 24) тенгламалар ва $A_0=0$ ва $B_0=u$ чегаравий шартларни ҳисобга олиб, оқим функцияси қийматлари ярим қатлам учун аниқланади. Сўнгра, $A_0=0$, $B_0=0$ га тенг бўлган бошланғич прогонка коэффициентлари ва (29) формулани ҳисобга олиб, тўла қатлам учун ҳисоблаш амалга оширилади. Жараён қуйидаги шарт бажарилгунча давом этади:

$$\max |\psi_{i,j}^{n+1} - \psi_{i,j}^n| < \varepsilon \quad (30)$$

Ҳар қайси нуқтада оқим функцияси қийматини билган ҳолда тезликнинг «u» ва «v» ташкил этувчиларини қуйидаги формулаларга асосан ҳисобланади:

$$u_{i,j} = \frac{\psi_{i,j+1} - \psi_{i,j-1}}{2l_j} ; \quad v_{i,j} = -\frac{\psi_{i+1,j} - \psi_{i-1,j}}{2h_j} \quad (31)$$

Оқимнинг ўртача тезлигини аниқлаш формуласи:

$$U_{i,j} = \sqrt{u_{i,j}^2 + v_{i,j}^2} \quad (32)$$

Олинган тенгламалар кўрилатаётган участкада тезлик майдони ва оқим планини ҳисоблаш имконини беради. Бўйлама тезлик эпюраларининг ҳисобланган ва экспериментал қийматларини таққослаш уларнинг қониқарли даражада яқинлигини кўрсатади. Икки фазали оқимнинг турбулент ҳаракати қонуниятини олиш учун ҳар бир фаза учун айрим тенгламалар қабул қилинади. Оқимда ажратилган ихтиёрий ҳажм учун ҳаракат миқдорининг вектор шаклда ёзилган дифференциал тенгламаси (тўғри бурчакли координаталар системасининг Ох ва Оу ўқларига проекцияси) қуйидагича шакллантирилади:

а) суюқ фаза учун:

$$\begin{aligned} F_{x_1} - \frac{f_1}{\rho_1} \cdot \frac{\partial P}{\partial x} + f_1 v_1 \Delta^2 u_{x_1} &= f_1 \left(\frac{\partial u_{x_1}}{\partial t} + u_{x_1} \frac{\partial u_{x_1}}{\partial x} + u_{y_1} \frac{\partial u_{x_1}}{\partial y} \right) - \frac{k}{\rho_1} (u_{x_1} - u_{x_2}) - \frac{L_1 u_{x_1}}{\rho_1} \\ F_{y_1} - \frac{f_1}{\rho_1} \cdot \frac{\partial P}{\partial y} + f_1 v_1 \Delta^2 u_{y_1} &= f_1 \left(\frac{\partial u_{y_1}}{\partial t} + u_{x_1} \frac{\partial u_{y_1}}{\partial x} + u_{y_1} \frac{\partial u_{y_1}}{\partial y} \right) - \frac{k}{\rho_1} (u_{y_1} - u_{y_2}) - \frac{L_1 u_{y_1}}{\rho_1} \end{aligned} \quad (33)$$

б) қаттиқ фаза учун:

$$\begin{aligned} F_{x_2} - \frac{f_2}{\rho_2} \cdot \frac{\partial P}{\partial x} + f_2 v_2 \Delta^2 u_{x_2} &= f_2 \left(\frac{\partial u_{x_2}}{\partial t} + u_{x_2} \frac{\partial u_{x_2}}{\partial x} + u_{y_2} \frac{\partial u_{x_2}}{\partial y} \right) - \frac{k}{\rho_2} (u_{x_1} - u_{x_2}) - \frac{L_2 u_{x_2}}{\rho_2} \\ F_{y_2} - \frac{f_2}{\rho_2} \cdot \frac{\partial P}{\partial y} + f_2 v_2 \Delta^2 u_{y_2} &= f_2 \left(\frac{\partial u_{y_2}}{\partial t} + u_{x_2} \frac{\partial u_{y_2}}{\partial x} + u_{y_2} \frac{\partial u_{y_2}}{\partial y} \right) - \frac{k}{\rho_2} (u_{y_1} - u_{y_2}) - \frac{L_2 u_{y_2}}{\rho_2} \end{aligned} \quad (34)$$

Бу ерда, F_x, F_y - масса кучлари, P - босим кучи, v – ёпишқоқлик коэффициенти, k - фазалар ўзаро таъсири коэффициенти, f_1 ва f_2 – суюқлик ва қаттиқ фазаларнинг оқимдаги ҳажмий концентрацияси, яъни, $f_1 + f_2 = 1$. Сиқилмайдиган суюқлик фазаси учун $\rho_i = \text{const}$. Ҳар бир тенглама учун кесишма дифференциаллаш амалга оширилади, тезлик орқали тасвирланган уюрма ва оқим функцияси қийматлари киритилади.

Уюрма тенгламалари: $\omega_1 = \frac{\partial u_{y_1}}{\partial x} - \frac{\partial u_{x_1}}{\partial y}$; $\omega_2 = \frac{\partial u_{y_2}}{\partial x} - \frac{\partial u_{x_2}}{\partial y}$;

Оқим функцияси: $u_{x_1} = \frac{\partial \psi_1}{\partial y}$; $u_{x_2} = \frac{\partial \psi_2}{\partial y}$; $u_{y_1} = -\frac{\partial \psi_1}{\partial x}$; $u_{y_2} = -\frac{\partial \psi_2}{\partial x}$.

Суюқ ва қаттиқ фазалардан иборат оқим ҳаракати тенгламалари кўриниши:

$$\frac{\partial \omega_1}{\partial t} + \alpha_{h_1} \left(\frac{\partial \psi_1}{\partial y} \cdot \frac{\partial \omega_1}{\partial x} - \frac{\partial \psi_1}{\partial x} \cdot \frac{\partial \omega_1}{\partial y} \right) = v_1 \nabla^2 \omega_1 + k_1 (\omega_2 - \omega_1) + L_1 \omega_1 \quad (35)$$

$$\frac{\partial \omega_2}{\partial t} + \alpha_{h_2} \left(\frac{\partial \psi_2}{\partial y} \cdot \frac{\partial \omega_2}{\partial x} - \frac{\partial \psi_2}{\partial x} \cdot \frac{\partial \omega_2}{\partial y} \right) = v_2 \nabla^2 \omega_2 + k_2 (\omega_1 - \omega_2) + L_2 \omega_2$$

Бу ерда, α_h – тезликнинг вертикалда тақсимланиши нотекислиги коэффиценти бўлиб, ушбу формула орқали аниқланади

$$\alpha_h = \frac{1}{h\vartheta_{i,j}} \int_{z_0}^H U_{i,j} dz \quad (36)$$

Ўзгариш диапазони $1,03 \div 1,10$.

Системани ёпиш учун қуйидаги кўринишли узлуксизлик тенгламаларини қўлланди:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \psi_1}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 \psi_1}{\partial x^2} &= -\omega_1; \\ \frac{\partial^2 \psi_2}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 \psi_2}{\partial x^2} &= -\omega_2 \end{aligned} \quad (37)$$

Натижада, ўзан деформацияси тенгламалари қуйидаги кўринишга эга бўлади:

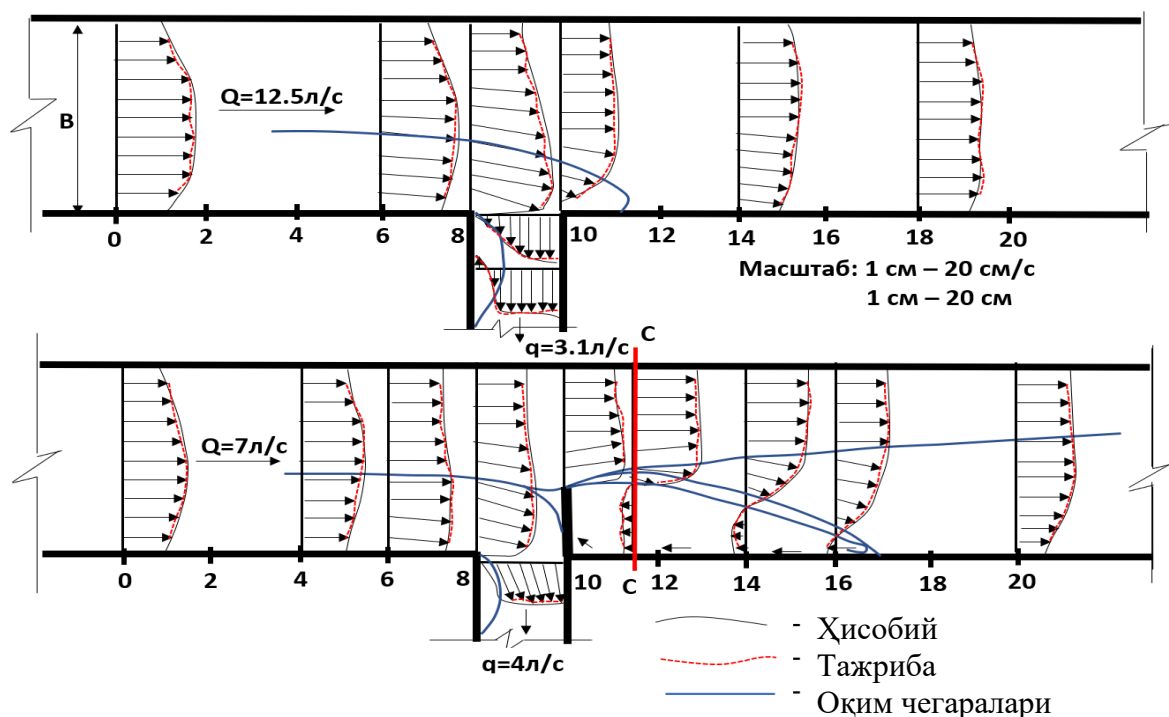
$$\frac{\partial f_1}{\partial t} + \frac{\partial f_1 u_{x1}}{\partial x} + \frac{\partial f_1 u_{y1}}{\partial y} = 0; \quad \frac{\partial f_2}{\partial t} + \frac{\partial f_2 u_{x2}}{\partial x} + \frac{\partial f_2 u_{y2}}{\partial y} = \frac{\varepsilon_2}{\rho_2}$$

Ушбу тенгламалар оқим майдонидаги каттиқ заррачаларнинг ўртача концентрациясини акс эттиради, ювилиш ва лойқа босиши зоналарини кўрсатади. (35) тенгламалар системаси матрица кўринишига келтирилади:

$$\begin{aligned} f_{1i,j} &= f_{ij} + k_{1i,j}(\omega_{1i,j} - \omega_{2i,j}) + L_{1i,j}\omega_{1i,j} \\ f_{2i,j} &= f_{ij} + k_{2i,j}(\omega_{1i,j} - \omega_{2i,j}) + L_{2i,j}\omega_{2i,j} \end{aligned} \quad (38)$$

ва бир хил фазага суюқлик учун келтирилган каби амалга оширилади.

4-расмда оқим ўртача тезлигининг, ҳамда транзит ва айланма оқим чегараларининг ҳисобий ва экспериментал қийматлари таққосланган.



4- расм. Дарёдан сув олиш зонасида тезликлар ва оқим планининг ҳисобий ва экспериментал эпюралари

Дарёда сув сатҳининг пасайиши ва ўзан ювилишини ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган. Ювилиш участкасининг кенглиги ва узунлиги, ювилиш чуқурлиги ва давомийлиги аниқланади. Ҳисоблаш ўртача кўп йиллик ва максимал сув сарфи учун бажарилиб, чўкинди заррачаларини ювиб чиқариш ва ювилган ўзанининг йирикроқ оқизиклар билан қопланиши ҳисобга олинади. Ювилиш қатлами қалинлиги қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\Delta H_p = \frac{\pi(D+d_{\min})}{4Kg_e(1-p)} \quad (39)$$

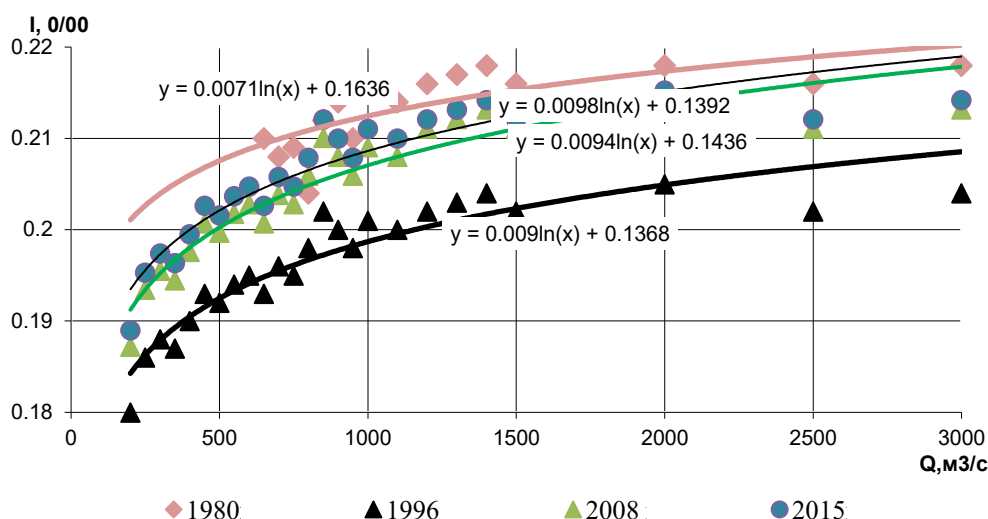
Бу ерда, K - йирик заррачаларнинг жойлашув коэффиценти (0,75-0,9); p - оқизик турлари; $d_{\min}$ ва $d_{\max}$ – чўкинди ўлчамлари $m = \frac{d_{\max}}{d_{\text{ср}}} - 1$ боғланиш орқали аниқланади; $g_e = 100 \left(1 - \sqrt[m]{\frac{d_{\min}}{d_{\max}}}\right)$ – диаметри $d > d_{\min}$ бўлган фракциялар йиғиндисининг фоизи. Сув сатҳининг пасайиши ва ювилиш участкасининг узунлиги қуйидаги формулалар билан ҳисобланади:

$$\Delta H_0 = \Delta H_p + (H_0 - H_p) \quad (40)$$

$$L_p = \frac{2\Delta H_p}{2I_0 - (I_p + I_n)} \quad (41)$$

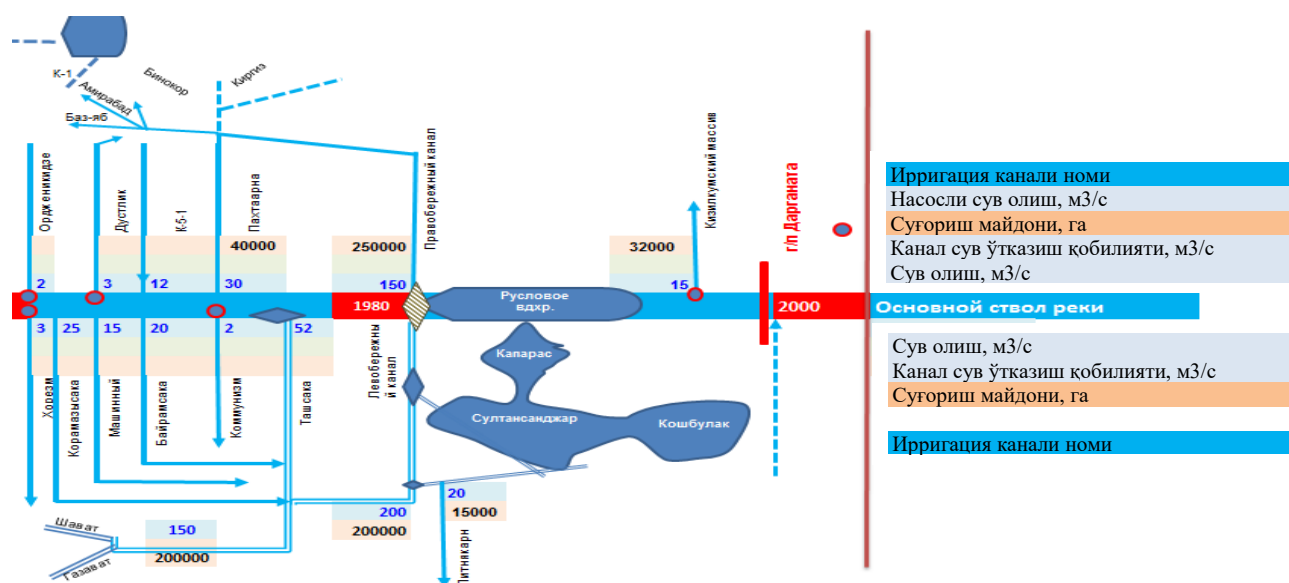
Бу ерда: H_0 - ювилишгача бўлган сув чуқурлиги, $H_0 = H_p \sqrt[2]{\left(\frac{I_p}{I_0}\right)^9}$; H_p - ювилган ўзандаги сувнинг чуқурлиги.

Диссертациянинг **“Оқимни бошқариш ва унинг дарё ўзанига таъсирини амалда ўрганиш”** деб номланган учинчи бобида амалдаги тадқиқотлар натижалари келтирилган. Тадқиқотлар Амударёда, Туямуюн гидроузелидан (ТМГУ) бошлаб дарё бўйлаб Қипчоқ гидропостигача бўлган 180 км масофада ўтказилган. Туямуюн гидроузели эксплуатация режимининг ноёблиги ва мураккаблиги шундан иборатки, гидроузел тўртта сув омбори мажмуасидан, яъни Ўзан, Капарас, Султонсанжар ва Қўшбулоқ сув омборларидан иборат бўлиб, ўзаро уйғун режимда ишлайди. ТМГУ ишга туширилганидан сўнг 1983 йилдан бошлаб 2000 йилгача ҳар йили, сўнгра 2005 ва 2008 йилларда сув омборида ўлчов ишлари олиб борилган ва Амударё қуйи оқимида 110 км участкада ўзан деформацияси ўрганилган. Дарё гидрологик режимининг 1980-2015 йиллар давомидаги маълумотлари таҳлил қилинган. ТМГУ қуйи бьефига тиниқ сув ўтиши Амударё ўзанининг 75-80 км масофада умумий ювилишига олиб келган. Оқим лойқалиги $1,5 \text{ кг/м}^3$ дан ортиши билан сув сатҳи барқарорлашиб, кўтарила бошлайди. Профиллар таҳлили шуни кўрсатдики, Туямуюн гидропостидан Тошсакагача (8 км) ўртача нишаблик 0,00022 ни, Тошсакадан Беруний гидропостигача бўлган масофада эса (68 км) – 0,00018 ни, Берунийдан Қипчоқ гидропостигача (91 км) – 0,00020 ни ташкил қилган (5-расм). Амударё қуйи оқимида сув сатҳининг пасайиши суғориш тизимларига режалаштирилган сув ҳажмини таъминлай олмаслигига олиб келган.



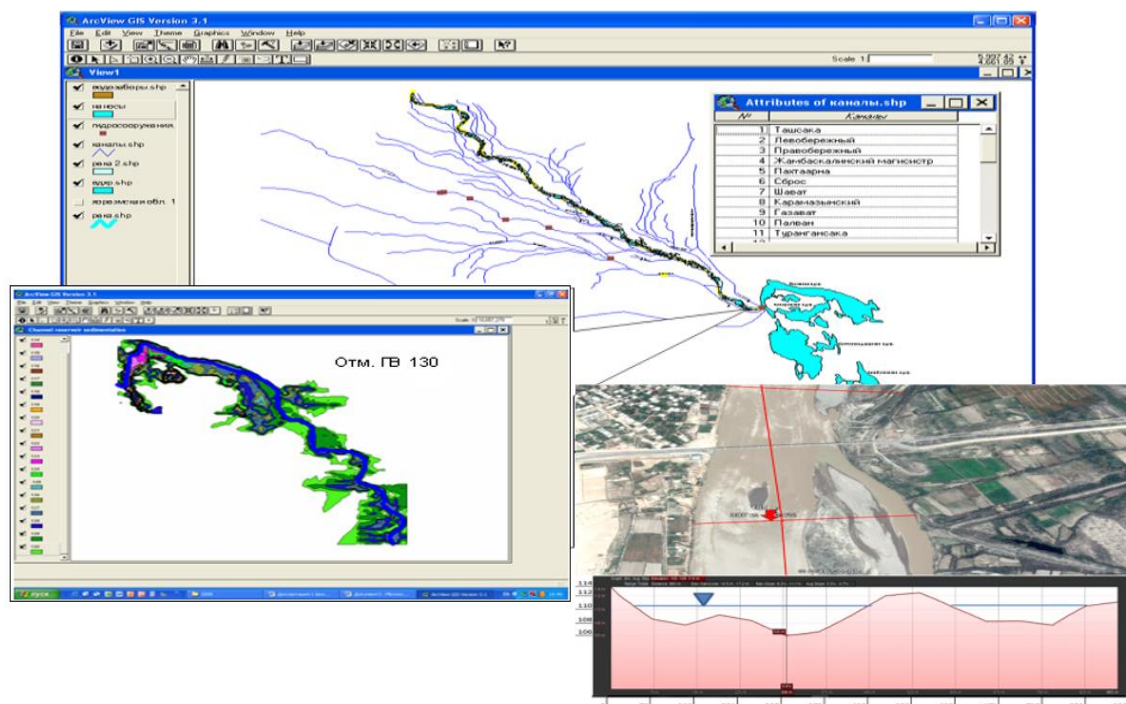
5-расм. Сув сатҳи нишаблигининг сув сарфига боғлиқ равишда ўзгариши

Амударё участкаларида сув балансини ҳисоблаш учун унинг электрон чизиқли схемаси ишлаб чиқилган (6-расм). Дарё чап қирғоғида 23 та сув олиш нуқталари кўрсатилган бўлиб, улардан 10 таси насослар орқали ва 13 таси гравитацион сув олишдан иборат. Электрон сув балансини ҳисоблаш схемасини тузишда қуйидаги кўрсаткичлар қабул қилинган: белгиланган вақтдаги сув бериш миқдори, насос орқали сув олиш ва дарёга сув ташлаш миқдори, сув объектининг сув ўтказиш қобилияти ва боғланган майдонлар.



6-расм. Ҳисоблаш схемасининг бошланғич участкаси ва қабул қилинган кўрсаткичлар

ArcViewGIS дастури ёрдамида ТМГУдан бошлаб сув омборлари ва Амударёнинг электрон ГАТ модели ва маълумотлар базаси ишлаб чиқилган. ГАТ ҳарита сув омбори тубининг турли отметкаларида унинг морфологиясини акс эттиради. Отметкалардан отметкаларга ўтиш жараёнида сув билан қопланган ва лойқа босган майдонларни аниқлаш мумкин (7-расм).



7-расм. Амударё участкаси ва Ўзан сув омборининг ГАТ модели ва 3D форматда кўриниши

Диссертациянинг “Ўзани ростлаган ҳолда тўғонсиз сув олишда оқим ҳаракатининг тажриба тадқиқотлари” деб номланган тўртинчи бобида экспериментал тадқиқотлар натижалари келтирилган.

Тажрибалар шуни кўрсатдики, оқимнинг пландаги ўлчамлари ва чегаралари иншоотлар конструкцияси, уларнинг компановкаси, олинаётган сув миқдори ва ўзани тўсиш даражасига боғлиқ ҳолда ўзгаради. Иншоот конструктив элементлари манёври орқали каналга оқизиклар ўтиши ва сув олиш шароитини бошқариш мумкин. Каналга киришда ўрнатилган дамба сув олиш миқдорини (K_v) 25 фойизгача, бўйлама деворли оқимни бурувчи қурилма ёрдамида эса 40 фойизгача кўтариш мумкин. Бўйлама дамбанинг бурчакларини ўзгартириб, ўзани тўсиш даражасига қараб, олинаётган сув миқдорини яна 10 фойизга ошириш мумкин. Оқимни тўсиш даражасининг сув олиш коэффициенти K_v га таъсири аниқланган. K_v нинг катта қийматлари Q_v ва Re (Рейнольдс сони) нинг кичик қийматларига мос келади.

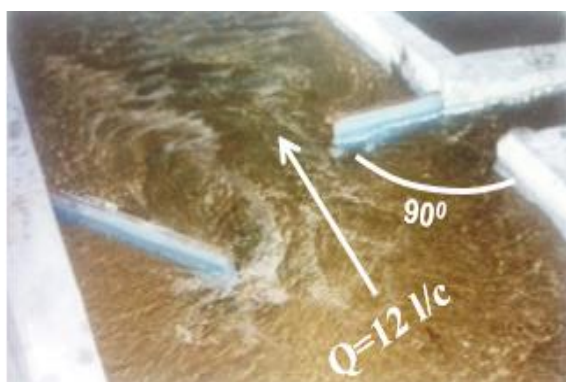


Фото 1. Оқимнинг ўзани тўсувчи ва оқимни йўналтирувчи дамбаларни айланиб ўтиши жараёнининг тажриба тадқиқотлари

Диссертациянинг “Дарё оқимини бошқаришни ва ўзани ростловчи иншоотлар конструкциясини такомиллаштириш” деб номланган бешинчи бобида сув омбори иш режими модели асосида ТМГУ сув омборлари оқилона иш режимини аниқлашнинг турли вариант ҳисобларини амалга оширилган. Бунда Туямуюн сув омборларидан сув ташлаш ва тўла ҳажмига қадар тўлдириш ҳар йили, йилнинг сувлилик даражасидан қатъий назар, ва ҳатто сув кам йилда лимитни қирқиш ҳисобига бўлса ҳам, амалга оширилиши лозим. Ўзан сув омбори сиғимидан Амударёнинг барча оқими ўтиб, у орқали бошқа сув омборлари ҳам тўлдирилади. Тавсия қилинган режимга биноан ундаги захира сувлар феврал-март ойларида ер майдонлари шўрини ювиш ва намлаш учун ишлатилиши лозим. Апрель-июнда у босимсиз режимда 118-120м отметкаларда ишлатилади, июл-августда Капарасга сув бериш учун 125-130м отметкага кўтарилади, сентябр-январ ойларида Султонсанжар ва Қўшбулоқни нормал сатҳга тўлдириш учун фойдаланилади. Июл-август ойларида барча йиғилган сувлар тиниқ сув канали орқали сув омборининг сатҳи 118м отметкага тушгунча ташланади. Сув баланси ҳисобларида шуни кўзда тутиш керакки, Ўзан сув омбори чўкиндилари ҳажми 1053 млн.м³ дан ортганда оқизиклар аккумуляцияси сув тўлдириш ва ташлаш режимига қараб йилига 110 дан 400 млн.м³ гача ҳажмни ташкил қилади. Ҳисобларга биноан, лойқа босиши ўртача тезлигида, сув омборини тўла лойқа босиши вақти 55-57 йилларга тенг.

Ҳисоблар шуни кўрсатдики, ТМГУ қуйи бьефида 2000-3000м³/с сув сарфи 1,5-2,5 кг/м³ лойқалик билан ўтса дарё ўзанида сув сатҳи барқарор ҳолатга келиши учун шароит пайдо бўлади. Тошсака-Беруний участкасида сув сатҳининг нишаблиги 0,00020 дан 0,00017 гача, яъни ўртача 7-12 фоизга камайган.

ТМГУ сув омборларининг тавсия қилинган иш режими ўртача ва кўп сувлилик йилларда пастки бьефга оқизиклар ўтишини ва дарё қуйи бьефида сув сатҳининг барқарор сақланишини таъминлайди, ва шунинг билан бирга дарё ўзани туби отметкасининг Туямуюн-Беруний участкасида кўтарилишини таъминлайди. Ўзан сув омбори тубидаги чўкиндиларнинг ювилишини таъминловчи қўшимча тадбирларни қўлланганда тавсия қилинаётган режим самарадорлиги янада ортади.

Тўғонсиз сув олишда ўзани ростловчи иншоотларнинг рационал конструкциялари ва сув олиш усуллари янги техник ечимлари келтирилган бўлиб, уларга олинган патент ва авторлик гувоҳномалари, ҳамда Давлат патент бошқармасининг ижобий қарорлари келтирилган.

ХУЛОСА

“Текислик дарёлари оқим ҳажмини бошқариш ва дарё ўзанининг қайта шаклланиши” мавзусидаги докторлик (DSc) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Ишлаб чиқилган ва апробация қилинган математик моделлар ва компьютер дастурлари сув омборларида сув балансини ҳисоблаш, лойқа босиши оқибатида сув омбори сиғимининг ўзгаришини аниқлаш, дарё қуйи

оқимида сув дефицитини максимал қоплаш учун сув захирасини ҳосил қилиш, юқори бьефдаги чўкиндиларни ювиш ва қуйи бьефга транзит қилиш, ҳамда сув йўқотишларни камайтириш имконини беради.

2. Туямуюн гидроузели сув омборларининг уч турдаги сувлилик (кам сувлилик (90%), ўртача сувлилик (50%) ва кўп сувлилик (10% таъминланганлик) учун ҳисобланган иш режимлари ўртача ва кўп сувлилик йилларда қуйи бьефга ўтадиган оқизиклар миқдорини кўпайтириш, қуйи оқимда сув сатҳини турғунлаштириш, Амударёнинг Туямуюн-Беруний участкасида ўзан туби отметкасини кўтариш ва турғунлаштириш имконини беради.

3. Ўзан сув омборининг лойқа босишини сув сатҳини ўзгаришини эътиборга олган ҳолда ҳисоблаш усули сув омбори сигимини аниқлаш ва прогноз ҳисоблашларни амалга ошириш имконини беради.

4. ArcViewGIS дастури ёрдамида Туямуюн гидроузели сув омборлари ва Амударё қуйи оқимининг ГАТ модели ва маълумотлар базаси ишлаб чиқилган бўлиб, 3D форматда акс эттирилган. Унда сув олиш ва ўзани ростлаш иншоотлари, сув омборлари дарё ўзани морфологик кўрсаткичлари билан келтирилган. ГАТ дастурларини қўллаш сув омборларида дарё оқизиклари седиментация ҳажминини, унда чўкиндилар чўкиши ёки ювилиши ҳисобига юз берадиган фойдали ҳажми ўзгаришини тезкор аниқлаш, ҳамда ўзани ростлаган ҳолда тўғонсиз сув олиш зонасида ўзан деформацияси ўлчамларини аниқлаш имконини беради.

5. Икки фазали оқим ҳаракатининг тўғонсиз сув олишдаги модели Навье-Стокс тенгламаларига турбулентликни ҳисобга олувчи коэффициент киритилган ҳолда асосланиб, уярма ва оқим функцияси кўринишида ифодаланиши, сув олиш зонасидаги тезлик майдонини ҳисоблаш ва оқим планини қуриш имконини беради. Бунда ҳар бир фаза учун айрим тенгламалар қабул қилинган бўлиб, фазалар аро муносабатини характерловчи параметрлар киритилган. Ҳисоблаш усули берилган давр давомида тўғонсиз сув олиш зонасида юз берадиган ўзан деформацияси мониторингини олиб бориш ва прогноз қилиш имконини яратади.

6. Тадқиқотлар шуни кўрсатдики, дарё ўзанини оқимни йўналтирувчи ва тўсувчи иншоотлар ёрдамида ростланганда, сув олиш иншооти қуйи бьефида оқим беш бўлакка, яъни бир текис тарқалган тезликка эга кучсиз қўзғатилган ядро зонаси, иккита тескари оқимлик (гирдоб) зоналари ва улар орасидаги иккита турбулент аралашуви зонаси кабиларга бўлиниши аниқланди. Тақомиллаштирилган математик модель ушбу зоналар ўлчамларини ҳисоблаш, натижада ўзани ростлаш иншоотининг рационал конструкциясини танлаш, ўзани тўсиш даражасини, оқим кинетиклигини ва олинаётган сув миқдорини аниқлаш имконини беради.

7. Экспериментал тажрибалар шуни кўрсатдики, иншоот конструктив элементлари манёври орқали чўкинди ва оқизиклар ҳаракати, ҳамда сув олиш шароитини бошқариш мумкин. Каналга киришда ўрнатилган сув тутувчи дамба сув олиш миқдорини 18-25%, бўйлама деворли оқимни бурувчи

қурилма ёрдамида эса 32-40% кўтариш мумкин. Бўйлама дамбани ўрнатиш бурчакларини ўзгартириш, ўзани тўсиш даражасига қараб, олинётган сув миқдорини яна 10% гача ошириш имконини беради.

8. Амударё участкаларида сув балансини ҳисоблаш учун барча сув олиш нуқталарини кўрсатган ҳолда ишлаб чиқилган электрон чизиқли схема белгиланган вақтда каналларга олинадиган сув миқдори, насослар сув олиши, дарёга сув ташлаш, сув олинадиган иншоот ва унинг сув ўтказиш қобилияти, суғориладиган майдон каби параметрларни ўз ичига олади. Ушбу схема сув балансини ҳисоблаш, ҳар бир баланс участкада сув тақсимотини такомиллаштириш, ҳамда сув танқислиги кузатилаётган участкаларни тезкор аниқлаб, сув миқдорини қайта тақсимлаш имконини беради.

9. Ўзан ростловчи иншоотларнинг ва сув олиш усулларининг янги техник ечимлари таклиф қилинган бўлиб, патент ва авторлик гувоҳномалари олинган. Дарё ўзанини ростлаган ҳолда тўғонсиз сув олиш ва ўзан ростловчи иншоотлар конструктив элементларини ҳисоблаш усуллари такомиллаштирилиб, ирригация каналларига тўғонсиз сув олишда оқимни йўналтирувчи ва каналга бурувчи иншоотларнинг янги конструкцияси ишлаб чиқилган. Ушбу конструкция оқизикларни каналга кириш ҳажмини минималлаштириш, сув сатҳини кўтариб, каналга тоза сув кириш имконини орттиради.

10. Тадқиқот натижаларини татбиқ этиш самарадорлиги қуйидаги кўрсаткичлардан ташкил топган: тавсия қилинаётган сув омборининг иш режимида пастки бьефнинг сув таъминоти сув кам йилларда 2-2.3 км³ (36%) га, ўртача сувлилик йилларда эса 0,5-0.67 км³ (5-6%) га амалдагидан баландроқ бўлади; ўртача ва кўп сувлилик йилларда Ўзан сув омборининг ювилиши ТМГУнинг амалдаги иш режимидан 200-280 млн. м³ га, пастки бьефга тушадиган оқизиклар ҳажми эса 250-310 млн.м³ га кўпроқ; лойқадан бўшаган сиғим ва буғланишга кетадиган сув камайиши ҳисобига, тавсия қилинаётган режимда Амударё қуйи оқимини 320-400 млн. м³ қўшимча сув билан таъминлаш мумкин бўлиб, бу 35-47 минг гектардан ортиқ майдоннинг сув таъминотини яхшилаш имконини беради.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc. 27.06.2017. Т.10.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ТАШКЕНТСКОМ ИНСТИТУТЕ ИРРИГАЦИИ
И МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ И
ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ**

ИКРАМОВА МАЛИКА РАХИМБЕРДИЕВНА

**РЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА И ПЕРЕФОРМИРОВАНИЕ РУСЕЛ
РАВНИННЫХ РЕК**

05.09.07 - Гидравлика и инженерная гидрология

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК (DSc)**

Ташкент - 2019

Тема докторской диссертации по техническим наукам (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2017.1.DSc/T66.

Диссертация выполнена в Научно-исследовательском институте ирригации и водных проблем.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (resume)) размещен на веб-странице научного совета по адресу (www.tiame.uz) и Информационно-образовательном портале «Ziynet» по адресу (www.ziynet.uz)

Научный консультант:

Мухамедов Амин Мухамедович доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Махмудов Эрназар Жумаевич
доктор технических наук, профессор
Хужаев Исматилла Кушаевич
доктор технических наук, профессор
Ризаев Абдумалик Набиевич
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Ташкентский архитектурно-строительный институт

Защита диссертации состоится _____ 2019 г. в _____ часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017. Т.10.02 при Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства по адресу: 100100, г. Ташкент, ул. Кары-Ниязова 39, тел. +99871-237-22-09; факс: +99871-237-54-79; e-mail: admin@www.tiame.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (регистрационный номер _____) Адрес: 100100, г. Ташкент, ул. Кары-Ниязова 39, тел. +99871-237-19-45 e-mail: admin@www.tiame.uz).

Автореферат диссертации разослан «_____» _____ 2019 года.
(протокол рассылки № _____ от «_____» _____ 2019 г.)

Т.З.Султанов

Председатель научного совета по присуждению ученой степени, д.т.н.

А.А.Янгиев

Ученый секретарь научного совета по присуждению ученой степени, д.т.н.

А.М.Арифжанов

Председатель научного семинара при научном совете по присуждению учёной степени, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. Управление стока рек с помощью водохранилищ и крупных водозаборных гидроузлов является одним из основных направлений комплексного управления водными ресурсами в мире. В связи с этим, управлению речного стока в разрезе времени и возникающим в последствии русловым процессам, разработке методов по улучшению условий бесплотинного водозабора с помощью русло-регулирующих сооружений уделяется особое внимание. По этим направлениям в развитых странах, включая США, Австралию, Нидерланды, Данию, Австрию, Великобританию, Германию, Китай, Египет, Россию, Казахстан, Киргизстан, Таджикистан, Узбекистан и в других странах уделяется особое внимание разработке режимов работы водохранилищ на основе современных методов моделирования и программирования, способствующих снижению интенсивности их заиления и размывов русла реки в нижнем бьефе осветленным водным потоком, моделированию русловых процессов в нижнем бьефе плотины, предупреждению деформации русла реки путем совершенствования конструкций русло-регулирующих сооружений и обеспечению их надежной эксплуатации.

Особое внимание в мире уделяется ведению целевой научно-исследовательской деятельности, направленной на рационализацию эксплуатационного режима работы водохранилищных гидроузлов, разработке надежных и эффективных технологий для снижения антропогенной нагрузки речному бассейну. В этой связи, разработка методов расчета процесса заиления и потери емкостного потенциала водохранилищ, воздействие регулирования стока на русловые процессы в нижнем бьефе реки, регулирование русла реки с помощью дамб для улучшения условий водозабора в ирригационные каналы является одной из основных задач.

В настоящее время в республике ведутся мероприятия по возведению водохранилищ на реках и соответственно ведутся работы по разработке новых методов гидравлических расчетов, способствующих предупреждению эрозии русла и берегов, заиления каналов, совершенствованию методов определения показателей, влияющих на эффективность использования водных ресурсов. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены задачи по «...развитию мелиорации и ирригационных объектов для повышения конкурентоспособности национальной экономики»¹. При реализации данных задач, особое значение имеет проведение научно-исследовательских работ, направленных на разработку надежных, эффективных и научно-обоснованных методов управления водохранилищами с учетом водности года и изменения его емкости, изменения гидрологического режима реки под

¹ Указ президента республики Узбекистан о «Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» за № ПФ-4947 от 7 февраля 2017года.

воздействием зарегулированного стока и его влияния на водозаборы, разработка методов их расчета имеющих научное и практическое значение.

Исследования, выполненные в рамках настоящей диссертации, в определенной степени служат реализации задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года УП-4947 «О стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан», УП-5418 от 17 апреля 2018 года «О мерах по коренному совершенствованию системы государственного управления сельским и водным хозяйством», Постановлениях ПП-3286 от 25 сентября 2017 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы охраны водных объектов», ПП-3405 от 27 ноября 2017 года «О государственной программе развития ирригации и улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель на период 2018-2019 годы», также в других нормативно-правовых документах, имеющих отношение к данной деятельности.

Соответствие исследований с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Данные исследования выполнены в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики V. «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации². В настоящее время ведутся широкомасштабные научно-исследовательские работы, направленные на повышение эффективности использования водных ресурсов путем регулирования стока рек водохранилищами, совершенствование методов расчета русловых деформаций и русло-регулирующих сооружений во всемирно известных научных институтах, как The Water Resources Research Institute of North Carolina State University, Utah State University Technical Service Center, US Bureau of Reclamation (США), Department of Geography and Regional Research of University of Vienna (Австрия), Institute of Geography of University of Bern, Switzerland (Швейцария), Вагингенский Университет (Нидерланды), University of Southampton (Великобритания), НИИ предупреждения опасности при Киотском Университете (Япония), Шведский национальный фонд для научных исследований (SNSF), Японское водное агентство, Ганноверский Университет (Германия), Государственный гидрологический институт, Институт водных проблем РАН (Россия), Институт водных проблем (Таджикистан), Ташкентский институт ирригации и механизации сельского хозяйства, НИИ ирригации и водных проблем (Узбекистан).

В рамках реализуемых в мире научных исследований в области регулирования стока рек, речных водозаборов, деформации русел рек,

² Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации осуществляется на основе: <https://www.researchgate.net/publication>; Kantoush S.A., at all. Impacts of sediment replenishment below dams on flow and bed morphology of river. CZMRDLLC – 2010, P.285-303; <https://www.usa.gov/federal-agencies/bureau-of-reclamation>; <https://scienceproblems.ru/>; <http://www.engr.colostate.edu/>; <https://link.springer.com/article/>; <https://www.springer.com/gp> и других источников.

совершенствования регулирования русел рек и методов их расчета достигнуты в определенной степени положительные результаты, в том числе: разработаны морфологические карты путем моделирования гидравлического режима потока, транспорта наносов в реках и сложных системах каналов (DHI Water and Environment, Дания), разработаны методы прогнозирования влияния водохранилищ на гидрологический режим рек (Университет Колорадо, США), разработаны методы обеспечения безопасности водохранилищ и плотин (Женевский университет), промоделирован процесс формирования русловой морфологии под влиянием плотин и речных гидротехнических сооружений (Венский университет, Австрия; университеты HULL и Southhampton, Великобритания; Японское водное агентство), разработана концепция рационального управления речных стоков (Department of Geomatic Engineering, Kwame Nkrumah University of Science & Technology (Гана), выполнено математическое моделирование движения двухфазной жидкости, изучена теория движения речных наносов и разработана методика их расчета, разработаны методы численного решения уравнений Навье-Стокса (Московский государственный университет, Институт прикладной математики имени Келдыша, Государственный гидрологический институт, Институт математического моделирования и численных технологий РАН, Россия), разработаны методы моделирования двухфазного турбулентного потока (Украинский гидромеханический институт).

В мире ведутся ряд исследований в области управления стоком рек и его воздействия на процессы, происходящие в речном русле и последующее изменение условий работы водозаборных сооружений, также разработке применяемых мероприятий по смягчению антропогенной нагрузки. В том числе проводятся исследования по следующим приоритетным направлениям: происходящие изменения в речном бассейне под антропогенной нагрузкой в отрезке геологического периода, их виды, методы определения их масштаба; адаптация речного русла изменившимся условиям, разработка методов расчета его ширины, глубины, уклона, изменения энергии потока; изучение механизма речной эрозии при различных гидрологических и физико-географических условиях, изучение закономерностей транспорта наносов и процесса осаждения; разработка методов определения транспортирующей способности потока и размеров деформации русла вследствие дисбаланса движущих и оказывающих сопротивление сил; разработка методов определения закономерностей, описывающих связь скорости двухфазного течения и русловой деформации, ее прогноз, методов определения параметров, влияющих на переформирование русла реки.

Степень изученности проблемы. В настоящее время изучение масштабов воздействия водохранилищ, вопросы их заиления и подпора в верхнем бьефе, расчеты водного баланса и проблемы потерь воды освещены в работах Авакяна А.Б., Алтунина С.Т., Берковича К.М., Бреховских В.Ф., Исмагилова Х.А., Караушева А.В., Каюмова О.А., Китаева А.Б., Матарзина Ю.М., Никифорова Д.А., Плешкова Я.Ф., Позднякова Ш.Р., Потапова Л.В.,

Прыткова М.Я., Саваренского А.Д., Сорокина А.Г., Таглави С.Х., Шавниной Ю.Н., Штефана В.И., Эдельштейна К.К., Baker D. W., Bledsoe B. P., Albano C. M. and Poff N. L, G. Williams, R. Poeppl, Kantoush S. A., Yong G. Lai, Brooke N. Eustis, Dirk Sebastiaan van Maren, Heaven S., White Christopher J., Tanton T. и Rycroft D. и других. Достигнуты положительные результаты по результатам исследований Абальянца С.Х., Абрамовича Г.Н., Алтунина С.Т., Артамонова К.Ф., Бернадского Н.М., Великанова М.А., Гончарова В.Н., Данелия Н.Ф., Исмагилова Х.А., Ирмухамедова Х. А., Кондратьева Н.Е., Лапшенкова В.С., Леви И.И., Ляхера В.М., Маккавеева В. М. и Чалова Р.С., Мухамедова А.М., Фидман Б.А., Шамова Г.И. и других ученых в области исследований турбулентной структуры речного потока и закономерности ее взаимодействия с размываемым дном и берегами, влияния руслового процесса на пропускную способность русел, механизма формирования и трансформации взвешенных и донных наносов в реках, перемещения наносов, методики гидравлического моделирования русловых процессов, вопросах взаимодействия русел рек с гидросооружениями, а также их проектировании и эксплуатации.

Математическое моделирование жидкости с помощью уравнений Навье-Стокса, их численные решения, применение итерационных методов, разностных схем и алгоритмы решения отражены в работах Базилевича В.А., Бруяцкого Е.В., Далабаева У., Денисова Ю.М., Латипова К.Ш., Милитеева А.Н., Пасконова В.М., Самарского А.А., Шаюсупова М., Шеренкова И.А., Шлихтинга Г., Шлычкова В.А. В работах Деги А.В., Иванова В.Г., Ковеня В.М. представлены алгоритмы численного решения уравнений Навье-Стокса с использованием информационных технологий, как графические ускорители и многопроцессорные системы, в которых рассматриваются классические задачи гидродинамики. Вопросы русловых процессов, кинематической структуры потока, русло-регулирующие сооружения и изменения направления течения в плане отражены в работах Д.Г.Аракеляна, М.В.Болгова, В.В.Влацкого, В.Г.Калининой, Е.Курбанбаева, Д.М.Курловича, В.Г.Прокачевой, С.В.Пьянков, Л.М.Фалейчик. В работах А.Г.Аверкиева, Т.Ф.Авровой, М.Р.Бакиева, Ф.И.Бондаря, И.А.Забабурина, Т.В.Колесниковой, Л.К.Малика, М.А.Михалева, Е.В.Орлова, А.С.Офицера, Е.Д.Хецуриани и Г.А.Цой представлены результаты исследований конструкций водозаборных и русло-регулирующих сооружений, методы их гидравлического расчета, их влияние на движение речного стока.

До настоящего времени в Узбекистане таким вопросам, как усовершенствования режима работы водохранилищ, разработке теоретических основ воздействия зарегулированного стока на бесплотинные водозаборы и русловые процессы, расчетам регулирования русла реки и использования современных способов численной реализации достаточного внимания не было уделено. По этой причине, разработка совершенных режимов работы водохранилищ, улучшение условий бесплотинного водозабора под воздействием зарегулированного стока, создание

совершенных конструкций русло-регулирующих сооружений и усовершенствование методов расчета русловых деформаций приобретают существенное значение.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими планами научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем (НИИИВП) по темам: 05/96 «Разработать рекомендации по обеспечению водозаборов в ирригационные каналы низовой реки Амударья на основе изучения руслового процесса» (1996), 01/96-98 «Комплекс исследований для оценки заиления Руслового водохранилища Туямуянского гидроузла (ТМГУ) на р. Амударья» (1996-1998), 03/02 «Состояние русла низовьев реки Амударьи в зоне влияния осветленного потока» (2002), 04/02 «Оценка состояния подводящего и отводящего участков канала наполнения и сработки Султансанджарского водозаборного сооружения и нижнего бьефа канала осветленной воды ТМГУ» (2003), 05/02 «Оценка состояния подводящего и отводящего участков Капарасского водозаборного сооружения ТМГУ» (2004), 6.1/2005 «Совершенствование эксплуатации водохранилищ ТМГУ на основе мониторинга и анализа процессов его заиления» (2006), КХА-7-083-II «Совершенствование режима эксплуатации водохранилищ, обеспечивающих снижение негативных последствий для низовьев: на примере водохранилищ Туямуянского гидроузла на р. Амударья» (2009-2011), КХА-7-087-2015 «Моделирование русловых процессов реки в условиях повышенных антропогенных нагрузок: на примере реки Амударья ниже Туямуянского гидроузла» (2015-2017).

Целью исследований является усовершенствование режимов работы водохранилищ равнинных рек, разработка новых рациональных конструкций русло-регулирующих сооружений, способствующих улучшению условий бесплотинного водозабора в ирригационные каналы и разработка методов их расчета.

Задачи исследований:

разработка гидравлической модели режима работы водохранилищ и программы расчета с учетом водности года и изменения емкости водохранилища;

разработка метода расчета заиления чаши руслового водохранилища с учетом изменения уровня воды, и разработка компьютерной программы для расчета водного баланса водохранилища с учетом испарения, фильтрации и заиления;

усовершенствование методов расчета гидравлики двухфазного потока в зоне переформирования русел рек в нижнем бьефе водохранилищ путем выражения уравнения Навье-Стокса в виде вихря и функции тока;

усовершенствование методов расчета конструкции регулирующих сооружений при водозаборе и их компоновки с учетом влияния на кинематику течения и плановые размеры потока, на русловую деформацию и коэффициент водозабора;

разработка рациональных конструкций русло-регулирующих сооружений путем установки конструктивных элементов, приводящих сокращению поступления наносов в канал и повышению коэффициента водозабора при бесплотинном водозаборе в зоне действия водохранилищ;

разработка ГИС модели в 3D формате морфологических характеристик чаши водохранилища и речного русла в зоне бесплотинных водозаборов на базе ARCHGIS программы;

разработка рекомендаций по совершенствованию режимов работы водохранилищ и эффективных конструкций русло-регулирующих сооружений.

Объектами исследований являются водохранилища на реке Амударья Русловое, Капарас, Султансанджар, Кошбулак, бесплотинные водозаборы в каналы Ташсака, Карамазысака, Байрамсака, Дарялик-арна, Клычниязбай, Пахтаарна, а также русло-регулирующие сооружения.

Предмет исследований: русловые процессы в зоне водохранилищ и речном русле в зоне бесплотинных водозаборов и русло-регулирующих сооружений, режим работы водохранилищ и их заиление, кинематика и изменение плана течения потока при водозаборах с регулированием русла.

Методы исследований. В процессе исследований были использованы общепринятые методы проведения экспериментальных и натурных исследований, математического и гидравлического моделирования и их численное решение.

Научная новизна исследований заключается в следующем:

разработана гидравлическая модель режима работы комплекса водохранилищ и программы расчета с учетом водности года, движения наносов и изменения емкости водохранилища;

разработана методика расчета заиления чаши руслового водохранилища с учетом изменения уровня воды и расчета водного баланса водохранилища с учетом потерь воды;

усовершенствована гидравлическая модель и метод расчета движения двухфазного турбулентного потока в зоне бесплотинного водозабора с регулированием русла путем выражения уравнения Навье-Стокса в виде вихря и функции тока;

усовершенствованы методы построения плана течения в зоне бесплотинных водозаборов, расчета кинематических характеристик потока и русловой деформации с учетом влияния регулирующих сооружений на направление движения водного потока и наносов;

разработана рациональная конструкция водозаборного сооружения при бесплотинном водозаборе, направляющий поток в ирригационные каналы, способствующий сокращению поступления наносов в канал и повышающий командного горизонта водной поверхности;

разработан метод геоинформационного моделирования в формате 3D для определения морфологических характеристик чаши водохранилища и речного русла в зоне бесплотинных водозаборов на базе ГИС технологий.

Практические результаты исследований заключаются в следующем:

разработан усовершенствованный режим работы водохранилищ и порядок эксплуатации комплекса водохранилищ, с учетом водности года и способствующие замедлению и минимизации заиливания руслового водохранилища;

разработан метод расчета заиливания водохранилищ при переменном уровне воды и составлена компьютерная программа расчета водного баланса;

усовершенствован метод расчета глубины размыва у оголовка сооружения и определения кинематических характеристик потока в зоне действия сооружений, позволяющие определить объемы защитных работ у русло-регулирующих сооружений;

усовершенствованы методы расчета конструктивных элементов русло-регулирующих сооружений при бесплотинном водозаборе и разработана новая конструкция бесплотинного водозабора, направляющая наносы в реку и чистую воду в канал;

разработаны электронные программы для расчета водного баланса, включающего все водозаборные объекты, расположенные в нижнем течении реки, и создания базы данных для кадастра водных объектов;

разработан метод геоинформационного моделирования в формате 3D морфологии чаши водохранилищ и речного русла в зоне бесплотинного водозабора.

Достоверность результатов исследований. Достоверность результатов исследований основана на общих законах физики и доказанных математических способах разработки теоретических решений, подтверждается сравнительными проверками полученных результатов с данными натурных и экспериментальных исследований, и данными, выполненными другими учеными.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований заключается в разработке усовершенствованного режима работы водохранилищ с учетом водности года и минимизации заиливания руслового водохранилища на основе разработки математической модели и программы расчета, метода расчета заиливания водохранилища при переменном уровне воды, разработке теоретических основ описания движения двухфазного потока используя модель «функция тока и вихрь» для построения кинематического поля течения у бесплотинных водозаборов с регулированием русла реки, модели деления потока и совершенствования ее решения с использованием численных методов, составлении алгоритма решения модели и программы расчета.

Практическая значимость работы заключается в достижении эффективности управления водными ресурсами за счёт совершенствования режима работы водохранилищ и снижения интенсивности заиливания его чаши, оперативного определения полезной емкости водохранилища, прогнозных объемов и масштабов русловых деформаций в зонах бесплотинных водозаборов, установления размеров конструктивных элементов русло-регулирующих сооружений для улучшения условий

водозабора в оросительные каналы.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных результатов по совершенствованию режима работы водохранилищ и методов расчета регулирования русел рек у бесплотинных водозаборов:

разработанный алгоритм и метод численного расчета уравнения движения потока при бесплотинном водозаборе, метод расчета русловой деформации, глубины и плановых размеров зон размыва внедрены в бесплотинных водозаборах, расположенных в нижнем течении р. Амударья Бассейновым водохозяйственным объединением «БВО Амударья» при Министерстве водного хозяйства (Справка Министерства водного хозяйства № 01/18-2159 от 6 ноября 2018 года). В результате, получена возможность увеличения водозабора в оросительные каналы на 6-8% путем поднятия уровня воды за счет устройства струенаправляющих сооружений;

усовершенствованный режим работы водохранилища, метод расчета объемов заилиenia руслового водохранилища и изменения речного профиля на приплотинном участке внедрены Управлением эксплуатации Туямуевского гидроузла Министерства водного хозяйства (Справка Министерства водного хозяйства № 01/18-2159 от 6 ноября 2018 года). В результате усовершенствованный режим создает возможность поднятия водообеспеченности в маловодный год на 2-2,3 км³ (36%), в средневодный год на 0,5-0,67 км³ (5-6%), в многоводный год - смыва 200-280 млн.м³ осажденных наносов с Руслового водохранилища и транзита 250-310 млн.м³ взвешенных наносов;

ГИС база данных ирригационной системы и компьютерная программа оперативного принятия решения внедрены Кызкеткен-Кегейлийским управлением ирригационных систем Нижне-Амударьинского БУИС Министерства водного хозяйства (Справка Министерства водного хозяйства № 01/18-2159 от 6 ноября 2018 года). В результате, создана возможность сокращения потерь воды в ирригационной системе на 10-15% благодаря повышению эксплуатационной эффективности ирригационной системы;

ГИС модель морфологии чаши водохранилищ и русла реки в зоне водозаборов в формате 3D с базой данных, компьютерная программа для расчета водного баланса по участкам реки внедрены Левобережно-Амударьинским БУИС Министерства водного хозяйства на участке Туямуев-Кипчак для водозаборных сооружений (Справка Министерства водного хозяйства № 01/18-2159 от 6 ноября 2018 года). В результате, за счет корректного распределения водных ресурсов, оперативного определения степени водообеспеченности на балансовых участках и перераспределения воды в условиях маловодья, сокращения потерь воды, создана возможность экономии 320-400 млн м³ воды, что позволит улучшить водообеспеченность 35-47 тыс. га площади.

Апробация результатов исследований. Результаты исследований апробированы и одобрены на 40 конференциях, в том числе обсуждены на 18 международных и 22 республиканских научно-технических конференциях и семинарах.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы всего 46 научных работ. Из них 11 научных статей, в том числе 4 в республиканских и 7 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, получен 2 авторских свидетельств на программные продукты.

Структура и объем диссертации. Структура диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 198 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

В введении диссертации обосновывается актуальность и востребованность темы диссертации на основе исследований, проведенных в Узбекистане и мире, приведены цель и задачи, объект и предмет исследований, приводится соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан, излагаются научная новизна и практические результаты исследований, обосновывается достоверность полученных результатов, научная и практическая значимость, внедрение результатов исследований, апробация работы, результаты опубликованных работ, представлены данные по структуре и объему диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной **«Обзор исследований по регулированию стока реки и последующему переформированию его русел в верхнем и нижнем бьефах»**, представлен обзор выполненных работ. Освещены проблемы влияния водохранилищ на гидрологический режим рек и русловые процессы в работах ученых Авакян А.Б., Алтуни С.Т., Беркович К.М., Бреховских В.Ф., Караушев А.В., Матарзин Ю.М., Поздняков Ш.Р., Потапов Л.В., Саваренский А.Д., Таглави С.Х., Штефан В.И., Эдельштейн К.К., Скрыльников В.А. и других. Разработан ряд методов расчета заиления водохранилищ, учитывающих их специфические особенности. *Методы первой группы*, базируются на материалах натурных исследований, основанные на ряде допущений, и рекомендуются для предварительных расчетов. *Методы второй группы* основаны на определении транспортирующей способности потоков в водохранилищах и базируются на определении объемов заиления по разности транспортирующей способности потока в расчетных створах. Недостатком их является допущение о том, что в течение расчетного интервала времени характеристики потока и интенсивность заиления принимаются постоянными. *Методы третьей группы* определяют объемы заиления с учетом непрерывного изменения характеристик русла и потока, они называются балансовыми и в них учитывается изменение транспортирующей способности потока при заилении водохранилищ.

Значительную роль в развитии теории регулирования речного стока сыграли работы ученых: Абальянца С.Х., Абрамовича Г.Н., Алтунина С.Т., Артамонова К.Ф., Великанова М.А., Гончарова В.Н., Данелия Н.Ф.,

Кондратьева Н.Е., Лапшенкова В.С., Леви И.И., Лятхера В.М. и других. Вопросам деформации русла и деления потока при водозаборе посвящены труды Бернадского Н.М., Маккавеева В.М. и Чалова Р.С., Шамова Г.И., которые способствовали созданию раздела гидравлики потоков переменной массы. В этом отношении успехи были достигнуты методами, опирающимися на идеи Войнич-Сяноженского Т.Г., Емцева Б.И., Фидман Б.А., И.А.Шеренкова, где даны математические решения задач, связанные с динамикой движения вязкой несжимаемой жидкости, изложены основные методы анализа динамики жидкости, начиная от уравнений Навье-Стокса и особенностей их решений и кончая статистической теорией турбулентности. Разработка численных методов решения уравнений вязкой жидкости при $Re > 1000$ остается сложной проблемой.

В Центральной Азии накоплен большой опыт проектирования, строительства и эксплуатации русло-регулирующих сооружений при водозаборах, основанный на достижениях гидротехники, созданной трудами Алтунина С.Т., Мухамедова А.М., Латыпова К.Ш., Бакиева М.Р., Ирмухамедова Х. А., Исмагилова Х.А., Каюмова О.А. и других ученых, в которых рассмотрены вопросы формирования речных русел, методы перестройки потока, послужившие началом новых решений в области регулирования русел и водозаборов.

Анализ вышеприведенных работ показал, что разработка теоретических основ расчета режима работы водохранилищ, гидравлики потока при водозаборе с регулированием русла реки, влияние этих сооружений на кинематику и плановые размеры потока и другие вопросы требуют дальнейших исследований. Взаимодействие водохранилищ, водозаборов и русло-регулирующих сооружений в комплексе, происходящие при этом русловые процессы и их расчет с использованием современных информационных технологий ранее недостаточно освещены.

Вторая глава под названием **«Теоретические исследования движения потока в зоне водохранилищ и в его нижнем бьефе на большом расстоянии русла реки»** посвящена моделированию режима работы водохранилищ и движению двухфазной жидкости в зоне бесплотинных водозаборов.

При моделировании режима работы руслового водохранилища в качестве исходных данных приняты: i - расчетные месяцы, Q_i – сток реки, Q_i^L - установленный лимит водоподачи. При этом, полная емкость $W_{пол}$ при $\nabla_{НПУ}$ принимается по модели заиления. Объем водохранилища при минимальной отметке также определяется по зависимости $W_{min}=f(\nabla_{min})$. В расчетах учтен суммарный объем запаса на покрытие дефицитов и превышение объема речного стока над объемом лимита за соответствующий расчетный период, уровень воды в водохранилище на начало месяца и объем испарения из водохранилища. При этом объем сработки водохранилища в расчетном месяце равен:

$$W_{cpi}^B = D^B (W_i^B - W_{cpi}^P) + W_i^B \quad (1)$$

Где D^B – долевое отношение объема запаса в водохранилище; W_i^B – объемы покрытия дефицитов стока за счет запасов воды в водохранилищах. Для определения объемов наполнения водохранилища и оттока из него предложены зависимости:

$$W_{\text{начVII}}^P = W_{V125}^P + W_{\mu VIII}^P \quad (2)$$

$$\sum W_{\text{от}} = W_{\text{ирек}} + \sum W_{\text{иср}} - \sum W_{\text{инапол}} \quad (3)$$

Здесь $\sum W_{\text{инапол}}$ – объем наполнения водохранилища.

Разработаны модели расчета режимов работы водохранилищ Туямуюнского гидроузла в маловодные, средневодные и многоводные годы с учетом состояния заилиения чаши водохранилища, результаты которых приведены на Рис.1 в сравнении с фактическим режимом их работы в среднемноголетних значениях. Предложенные модели расчета водохранилищ дают возможность выбрать режим, позволяющий снизить потери воды из водохранилищ, обеспечить потребность и срезку пика паводка, предусмотреть сброс в нижний бьеф плотины расходов, не превышающих 4 тыс. м³/с, что предотвратит ущерб в низовьях Амударьи от возможного затопления. При расчете заилиения учитываются степень осветления потока и объем самоформирующегося русла (СР) W_p , в котором поток транспортирует фракции взвешенных наносов, который определяется как произведение площади поперечного сечения русла на длину участка подпора. При отсутствии подпора объем водохранилища равен объему СР, $W_{\text{расч}} = W_p$. Таким образом, при $W_p/W_{\text{расч}}=1$, степень осветления потока равна нулю, $\varepsilon = 0$. В случаях, когда $W_{\text{расч}} > W_p$ и $W_p/W_{\text{расч}} < 1$ степень осветления $\varepsilon > 0$. Следовательно, коэффициент осветления есть функция соотношения русловой и расчетной емкостей водохранилища.

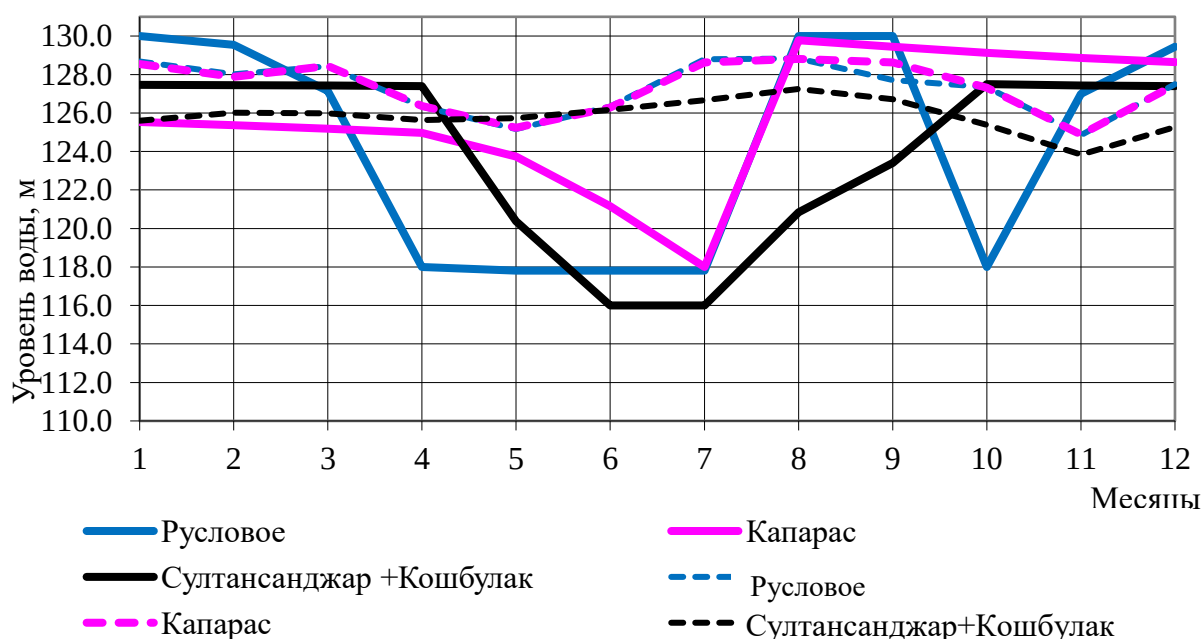


Рис. 1 Режим работы водохранилищ Туямуюнского гидроузла:
— — — — расчетный режим, - - - - — бытового режима

Анализ данных показал, что степень осветления можно разделить на две стадии: при первой стадии степень осветления остается постоянной и практически равной $\varepsilon=1$, при второй, по мере увеличения отношения $\frac{W_p}{W_{расч}}$, коэффициент осветления колеблется в пределах $0 \leq \varepsilon \leq 1$. Критерием перехода от первой стадии ко второй является значение отношения $\frac{W_p}{W_{расч}} = 0,1$. Согласно этому критерию, если емкость водохранилища удовлетворяет условию $W_{расч} = 8.33W_p$, процесс его заиления ограничивается второй стадией. Так как для водохранилищ характерен переменный уровенный режим, то при расчете объемов заиления возникает необходимость учета параметров водохранилища, соответствующих различным уровням его наполнения или сработки. При прогнозировании объемов и сроков заиления водохранилища, а также проведения контрольных расчетов, объем водохранилища при расчетном уровне определяется по формуле:

$$W_{расч(н)} = \frac{W_p W_{ph}(H_{НУ} - H_{совм})}{W_p(H_{НПУ} - H_{совм})} \quad (4)$$

в данном случае коэффициент осветления потока определяется как

$$\varepsilon = 0,041 \left(\frac{W_{p(н)}(H_{НПУ} - H_{совм})}{W_p(H_{НУ} - H_{совм})} \right)^{-1,5} \quad (5)$$

где W_p - полезный объем водохранилища при отметке НПУ, млн.м³; $H_{НУ}$ - расчетный уровень водохранилища (начальный); $H_{совм}$ - отметка уровня, при котором объем равен русловой емкости. Совместные отметки $H_{совм}$ представлены пересечением кривых объемов русла и водохранилища (Рис.2). При расчетах совместные отметки определяются по следующим формулам соответственно:

$$H_{совм.кон(i)} = H_{совм.кон(i-1)} + \Delta h_{отл} \quad (6)$$

$$H_{совм.кон(i)} = H_{совм.кон(i-1)} + \Delta h_{разм} \quad (7)$$

где, $\Delta h_{отл}$, $\Delta h_{разм}$ - средние величины слоев осаждения и размыва наносов:

$$\Delta h_{отл} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\Delta W_{отл} i}{B_p(H_{совм.кон(i-1)} + H_{пор})} \quad (8)$$

$$\Delta h_{разм} = \frac{\Delta W_{разм} i}{B_p(H_{совм.кон(i-1)} + H_{пор})} \quad (9)$$

где i - уклон бытового русла, B_p - ширина устойчивого русла, м; $\Delta W_{отл}$, $\Delta W_{разм}$ - объем наносов или объем размыва за расчетный период.

Во время эксплуатации водохранилища уровенный режим меняется и меняются условия, влияющие на заиление водохранилища. При отношении $\frac{W_{p(н)}}{W_{расч(н)}} \leq 0,12$ наблюдается отложение наносов. В диапазоне от 0,12 до 1,0 происходит

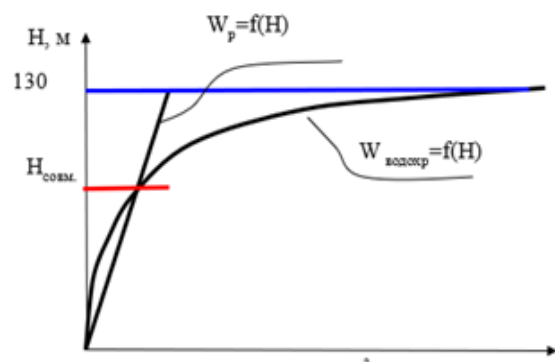


Рис. 2 Схема определения совмещенной отметки

заиление с различной интенсивностью. При отношении объемов равном 1,0 идет транспортирование взвешенных, а при превышении 1,0 происходит размыв наносов в нижний бьеф. В связи с этим для различных режимов работы водохранилища приводится следующий порядок расчета:

1-этап. Если колебание уровня воды происходит в диапазоне НПУ до $H_{\text{совм}}$, в водохранилище наблюдается процесс заиления. Тогда при сработке и наполнении водохранилища объемы отложений наносов определяются по формуле:

$$\Delta W_{\text{отл}} = 1,2\rho_{\text{вх}}W_{\text{пр}}\left(1 - \frac{W_{\text{нач}}}{W_{\text{кон}}}\right)(1 - \varepsilon) \quad (10)$$

где $\rho_{\text{вх}}$ - мутность потока, поступающего в водохранилище, кг/м³; $W_{\text{пр}}$ - объем притока воды, млн.м³; $W_{\text{нач}}$, $W_{\text{кон}}$ - начальный и конечный объемы, млн.м³.

2- этап. В этом случае рассматриваются три варианта соотношения расчетных уровней и отметок:

А) Когда $H_{\text{НУ}} > H_{\text{совм}}$ и $H_{\text{КУ}} < H_{\text{совм}}$ до уровня совместной отметки наблюдается процесс осаждения наносов и объем их определяется по формуле:

$$\Delta W_{\text{отл}} = 1,2\rho_{\text{вх}}W_{\text{пр}}\varepsilon A \quad (11)$$

$$\text{Здесь, } A = \frac{H_{\text{НУ}} - H_{\text{совм}}}{H_{\text{НУ}} - H_{\text{КУ}}}$$

При отметках воды в водохранилище ниже уровня совместной отметки начинается вынос размываемых отложений, объем которых определяется как:

$$\Delta W_{\text{разм}} = 1,2\rho_{\text{доп}}[W_{\text{пр}}(1 - A) + (W_{\text{совм}} - W_{\text{кон}})] \quad (12)$$

где, $W_{\text{пр}} \cdot A$ - объем стока реки за период сработки водохранилища от $H_{\text{НУ}}$ до $H_{\text{совм}}$; $\rho_{\text{доп}}$ - дополнительная нагрузка потока за счет размыва донных отложений, определяемая по формуле, кг/м³:

$$\rho_{\text{доп}} = \frac{B_{\text{р}}^1 \mu (H \sum \text{отл} - H_{\text{КУ}})}{1,2iQ_{\text{р}}^1} \quad (13)$$

где μ - интенсивность смыва отложений, мм/сек; $H \sum \text{отл}$ - отметка отложений наносов, определяемая по кривой проектных объемов воды; $Q_{\text{р}}^1$ - среднемесячный приток, м³/с; $B_{\text{р}}^1$ - ширина русла, соответствующая $Q_{\text{р}}^1$, м.

Б) когда $H_{\text{НУ}} < H_{\text{совм}} > H_{\text{КУ}}$ размываемые донные отложения выносятся потоком из верхнего бьефа, а их объем рассчитывается по формуле:

$$\Delta W_{\text{разм}} = 1,2\rho_{\text{вх}}W_{\text{р}}^1 \quad (14)$$

где $W_{\text{р}}^1 = Q_{\text{р}}^1 \frac{H_{\text{совм}} - H_{\text{КУ}}}{\mu}$, при этом, если $W_{\text{р}}^1 > W_{\text{пр}}$ то для расчета принимается

$$W_{\text{пр}}. \text{ Ширина русла определяется по формуле } B_{\text{р}}^1 = \frac{Q_{\text{р}}^1}{V_{\text{р}}H_{\text{р}}} \quad (15)$$

Здесь, $V_{\text{р}}$ - 1,0 ÷ 1,2 м/с; $H_{\text{р}}$ - глубина устойчивого русла, м.

В) при условии $H_{\text{НУ}} < H_{\text{СОВМ}}$ и $H_{\text{КУ}} > H_{\text{СОВМ}}$ в водохранилище происходит процесс наполнения. В этом случае расчет объема размыва определяется:

$$\Delta W_{\text{разм}} = 1,2\rho_{\text{доп}}[W_{\text{пр}}(1 - A) + (W_{\text{нач}} - W_{\text{совм}})] \quad (16)$$

При нарастании уровня воды в водохранилище от совместной отметки до конечного расчетного уровня, объем наносов рассчитывается по формуле:

$$\Delta W_{\text{отл}} = 1,2\rho_{\text{вх}} W_{\text{пр}} \left[(1 - A) - \left(1 - \frac{AW_{\text{совм}}}{W_{\text{кон}}} \right) (1 - \varepsilon) \right] \quad (17)$$

Таким образом, расчет заиления водохранилища может быть выполнен с учетом его стадии заиления на момент исходного расчетного времени для режима работы водохранилища с учетом водности года.

Исследования течения потока в русле реки базируются на моделях механики сплошных сред и, в частности, на уравнениях Навье-Стокса. Для однородной несжимаемой вязкой жидкости система уравнений имеет вид:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + (V \nabla) V = -\frac{1}{\rho} \text{grad} P + \nu \Delta V + F n \quad (18)$$

$$\text{div} V = 0$$

где V - вектор скорости; F - силовая функция; P - давление; n - единичный вектор; t - время; $\nu = \mu / \rho$ - коэффициент кинематической вязкости. Для плоской задачи $U_z = 0$. Продифференцировав уравнение (18) относительно оси ox по y , а уравнение относительно oy - по x , исключив из них давление и введя в рассмотрение вихрь в виде $\omega = \frac{\partial u_y}{\partial x} - \frac{\partial u_x}{\partial y}$ и функцию тока ψ , для которой $u_x = \frac{\partial \psi}{\partial y}$ и $u_y = -\frac{\partial \psi}{\partial x}$, имеем

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + u_x \frac{\partial \omega}{\partial x} - u_y \frac{\partial \omega}{\partial y} = \nu \nabla^2 \omega \quad (19)$$

в силу уравнения неразрывности $\nabla^2 \psi = -\omega$ эти уравнения образуют замкнутую систему для определения функций ω и ψ . Чтобы записать производные в конечно-разностной форме, область течения покрывается сеткой с шагами Δx и Δy по координатным направлениям (Рис.3). В соответствии с конкретной физической ситуацией, принимаем следующие граничные условия: на непроницаемой твердой поверхности - берегах, обусловлены условиями «прилипания» и имеют вид: $u=0$; $V=0$; $\psi_{i0}=0$; $\psi_{jN}=1.0$, где $i=0, 1, \dots, M$; $j=0, 1, N$ - номера точек сетки. На входе и выходе заданы условия для продольных скоростей и функции тока параболическим законом: $u=6y(1-y)$; $V=0$; $\psi=y^2(3-2y)$. На входе в отвод приняты условия:

$$u=0; V = \frac{Q_B}{l_{kL}}; \psi = 1 - Q_B \frac{x_i - x_{M1}}{x_{M2} - x_{M1}} \quad (20)$$

где M_1 и M_2 - номера точек в начале и конце створа отвода.

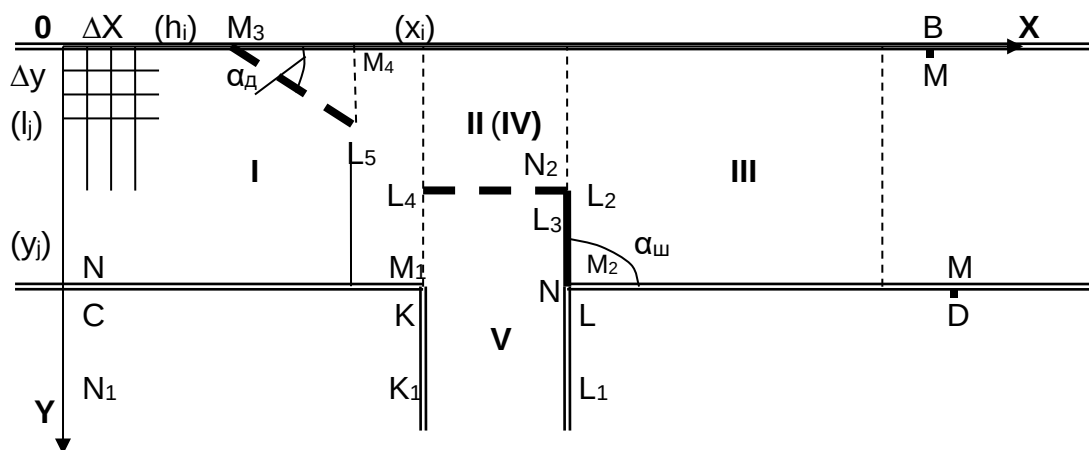


Рис. 3 Схема расчета скоростного поля речного потока при водозаборе под воздействием русло-регулирующих сооружений

Так как граничные условия для вихря не заданы, их необходимо получить из уравнения функции тока, считая справедливым вплоть до границы. Проведена релаксация, и значение вихря на границе представляется в виде:

$$\omega_r^{n+1} = \alpha f(\psi^{n+1}) + (1-\alpha)\omega_r^n \quad (21)$$

где α - параметр релаксации, изменяющийся в пределах $0 \leq \alpha \leq 1$;

$f(\psi^{n+1})$ - зависимость между вихрем на границе и функцией тока вида $\omega^{n+1} = \frac{2\psi_i^n}{h^2}$, которое получено аппроксимацией уравнения $\omega_0 = \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2}$ при $y = \text{const}$.

Сформулированы граничные условия для рассматриваемого участка. Существуют два вида условий: стационарные, для скоростей и функции тока, а также нестационарные для вихря. Граничные условия для расчета поля скоростей и построения плана течения сформулированы отдельно по реке, каналу и по сооружению. Для решения уравнения вихря использован метод переменных направлений, и уравнение имеет вид

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} = (L_1 + L_2)\omega + F \quad (22)$$

где L_1, L_2 - одномерные операторы, действующие по разным направлениям.

Решение уравнения осуществляется в два этапа: на 1-этапе прогонками в одном из направлений находится решение на полуцелом временном слое, затем осуществляются прогонки по второму направлению для получения решения ω^{n+1} на целом слое с помощью оператора Самарского. Уравнения приводятся к виду:

$$-\alpha_i \omega_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}} + \beta_i \omega_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - \gamma_i \omega_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}} = f_i \quad (23)$$

$$-\alpha_j \omega_{i,j-1}^{n+1} + \beta_j \omega_{i,j}^{n+1} - \gamma_j \omega_{i,j+1}^{n+1} = f_j \quad (24)$$

где α, β, γ - коэффициенты. Уравнения (23) и (24) совместно с граничными условиями являются системой уравнений относительно искомых значений ω на $(n+1)$ -м слое. Для нахождения значения на $(n+1)$ -м слое, сначала

вычисляются прогоночные коэффициенты прямой прогонкой в рекуррентном соотношении:

$$\omega_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} = A_i \omega_{i+1}^{n+\frac{1}{2}} + B_i, \quad (25)$$

по зависимостям:

$$A_i = \frac{\gamma_i}{\alpha_i A_{i-1} + \beta_i} \quad B_i = \frac{f_i - \alpha_i B_{i-1}}{\alpha_i A_{i-1} + \beta_i}$$

где $i=1, 2, \dots, M-1$.

Зная прогоночные коэффициенты A_i и B_i , и используя граничное условие, можно найти $\omega_m^{n+0,5}$ для $m = M-1, M-2, \dots, 2, 1$ по рекуррентному соотношению:

$$\omega_{i,j}^{n+1} = A_j \omega_{j+1}^{n+1} + B_j, \quad (26)$$

где

$$A_j = -\frac{\gamma_j}{\alpha_j A_{j-1} - \beta_j} \quad B_j = -\frac{f_j - \alpha_j B_{j-1}}{\alpha_j A_{j-1} - \beta_j}$$

Процесс продолжается пока не выполнится следующий критерий точности решения:

$$\max |\omega_{i,jn}^{n+1} - \omega_{i,jn}| < \varepsilon \quad (27)$$

где $\varepsilon=0,01$.

Для решения уравнения функции тока уравнение неразрывности заменим нестационарным уравнением

$$\frac{\partial \psi}{\partial \sigma} = \Delta \psi - \omega \quad (28)$$

где σ - итерационный параметр.

Для решения уравнений использован метод прогонки переменных направлений по формуле

$$\psi_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} = A_i \psi_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}} + B_i \quad (29)$$

с учетом зависимостей (23 и 24) и граничных условий $A_0=0$ и $B_0=u$ определяются значения функции тока для полуслоя. Затем выполняется расчет с учетом начальных прогоночных коэффициентов, равных $A_0=0$, $B_0=0$ и формулы (29) для полного слоя. Расчет продолжается до выполнения условия

$$\max |\psi_{i,j}^{n+1} - \psi_{i,j}^n| < \varepsilon \quad (30)$$

Зная значения функции тока в каждом узле можно вычислить значения составляющих скоростей « $u_{i,j}$ » и « $v_{i,j}$ » по формулам:

$$u_{i,j} = \frac{\psi_{i,j+1} - \psi_{i,j-1}}{2l_j} \quad (31)$$

$$v_{i,j} = -\frac{\psi_{i+1,j} - \psi_{i-1,j}}{2h_j}$$

Средние скорости потока определяются по формуле

$$U_{i,j} = \sqrt{u_{i,j}^2 + v_{i,j}^2} \quad (32)$$

Полученные зависимости позволяют выполнить расчеты поля скоростей и план течения на рассматриваемом участке. Сопоставление эпюр продольных скоростей, построенных по расчетным и опытным значениям, показывают их удовлетворительное совпадение. Для получения уравнения

турбулентного движения двухфазного потока приняты отдельные уравнения для каждой фазы. Для произвольного конечного объема, выделенного в потоке, дифференциальные уравнения количества движения, записанные в векторной форме (проекция на оси прямоугольной системы координат Ox и Oy), имеют вид:

а) для жидкой фазы:

$$\begin{aligned} F_{x_1} - \frac{f_1}{\rho_1} \cdot \frac{\partial P}{\partial x} + f_1 v_1 \Delta^2 u_{x_1} &= f_1 \left(\frac{\partial u_{x_1}}{\partial t} + u_{x_1} \frac{\partial u_{x_1}}{\partial x} + u_{y_1} \frac{\partial u_{x_1}}{\partial y} \right) - \frac{k}{\rho_1} (u_{x_1} - u_{x_2}) - \frac{L_1 u_{x_1}}{\rho_1} \\ F_{y_1} - \frac{f_1}{\rho_1} \cdot \frac{\partial P}{\partial y} + f_1 v_1 \Delta^2 u_{y_1} &= f_1 \left(\frac{\partial u_{y_1}}{\partial t} + u_{x_1} \frac{\partial u_{y_1}}{\partial x} + u_{y_1} \frac{\partial u_{y_1}}{\partial y} \right) - \frac{k}{\rho_1} (u_{y_1} - u_{y_2}) - \frac{L_1 u_{y_1}}{\rho_1} \end{aligned} \quad (33)$$

б) для твердой фазы:

$$\begin{aligned} F_{x_2} - \frac{f_2}{\rho_2} \cdot \frac{\partial P}{\partial x} + f_2 v_2 \Delta^2 u_{x_2} &= f_2 \left(\frac{\partial u_{x_2}}{\partial t} + u_{x_2} \frac{\partial u_{x_2}}{\partial x} + u_{y_2} \frac{\partial u_{x_2}}{\partial y} \right) - \frac{k}{\rho_2} (u_{x_1} - u_{x_2}) - \frac{L_2 u_{x_2}}{\rho_2} \\ F_{y_2} - \frac{f_2}{\rho_2} \cdot \frac{\partial P}{\partial y} + f_2 v_2 \Delta^2 u_{y_2} &= f_2 \left(\frac{\partial u_{y_2}}{\partial t} + u_{x_2} \frac{\partial u_{y_2}}{\partial x} + u_{y_2} \frac{\partial u_{y_2}}{\partial y} \right) - \frac{k}{\rho_2} (u_{y_1} - u_{y_2}) - \frac{L_2 u_{y_2}}{\rho_2} \end{aligned} \quad (34)$$

Здесь F_x, F_y - массовые силы, P - давление, v - коэффициент вязкости, k - коэффициент взаимодействия фаз, f_1 и f_2 - объемные концентрации несущей жидкости и твердой фазы, которые составляют $f_1 + f_2 = 1$. При этом, для несжимаемых фаз $\rho_i = \text{const}$. Выполняется перекрестное дифференцирование каждой системы уравнений, вводятся значения вихря и функции тока, выраженные через скорости. Вихрь в виде:

$$\omega_1 = \frac{\partial u_{y_1}}{\partial x} - \frac{\partial u_{x_1}}{\partial y}, \quad \omega_2 = \frac{\partial u_{y_2}}{\partial x} - \frac{\partial u_{x_2}}{\partial y};$$

$$\text{Функция тока} - \quad u_{x_1} = \frac{\partial \psi_1}{\partial y}; \quad u_{x_2} = \frac{\partial \psi_2}{\partial y}; \quad u_{y_1} = -\frac{\partial \psi_1}{\partial x}; \quad u_{y_2} = -\frac{\partial \psi_2}{\partial x}$$

Полученные уравнения движения потока, состоящие из жидкой и твердой фаз, имеют следующий вид:

$$\frac{\partial \omega_1}{\partial t} + \alpha_{h_1} \left(\frac{\partial \psi_1}{\partial y} \frac{\partial \omega_1}{\partial x} - \frac{\partial \psi_1}{\partial x} \frac{\partial \omega_1}{\partial y} \right) = v_1 \nabla^2 \omega_1 + k_1 (\omega_2 - \omega_1) + L_1 \omega_1 \quad (35)$$

$$\frac{\partial \omega_2}{\partial t} + \alpha_{h_2} \left(\frac{\partial \psi_2}{\partial y} \frac{\partial \omega_2}{\partial x} - \frac{\partial \psi_2}{\partial x} \frac{\partial \omega_2}{\partial y} \right) = v_2 \nabla^2 \omega_2 + k_2 (\omega_1 - \omega_2) + L_2 \omega_2$$

Здесь α_h - коэффициент неравномерности распределения скоростей по вертикали, который определяется по формуле

$$\alpha_h = \frac{1}{h \vartheta_{i,j}} \int_{z_0}^H U_{i,j} dz \quad (36)$$

и колеблется в пределах $1,03 \div 1,10$.

Для замыкания системы используем уравнение неразрывности в виде:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \psi_1}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 \psi_1}{\partial y^2} &= -\omega_1 \\ \frac{\partial^2 \psi_2}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 \psi_2}{\partial y^2} &= -\omega_2 \end{aligned} \quad (37)$$

Уравнения деформации русла представляются в виде:

$$\frac{\partial f_1}{\partial t} + \frac{\partial f_1 u_{x_1}}{\partial x} + \frac{\partial f_1 u_{y_1}}{\partial y} = 0; \quad \frac{\partial f_2}{\partial t} + \frac{\partial f_2 u_{x_2}}{\partial x} + \frac{\partial f_2 u_{y_2}}{\partial y} = \frac{\varepsilon_2}{\rho_2}$$

Эти зависимости выражают распределение осредненной концентрации твердых частиц в поле течения и устанавливают зоны намыва и размыва. Система уравнений (35) приводится в матричную форму:

$$\begin{aligned} f_{1ij} &= f_{ij} + k_{1ij}(\omega_{1ij} - \omega_{2ij}) + L_{1ij}\omega_{1ij} \\ f_{2ij} &= f_{ij} + k_{2ij}(\omega_{1ij} - \omega_{2ij}) + L_{2ij}\omega_{2ij} \end{aligned} \quad (38)$$

и решается методом, приведенным для однофазной жидкости.

На Рис.4 приведены сравнение значений скоростей потока, границ раздела между транзитным потоком и водоворотной зоной.

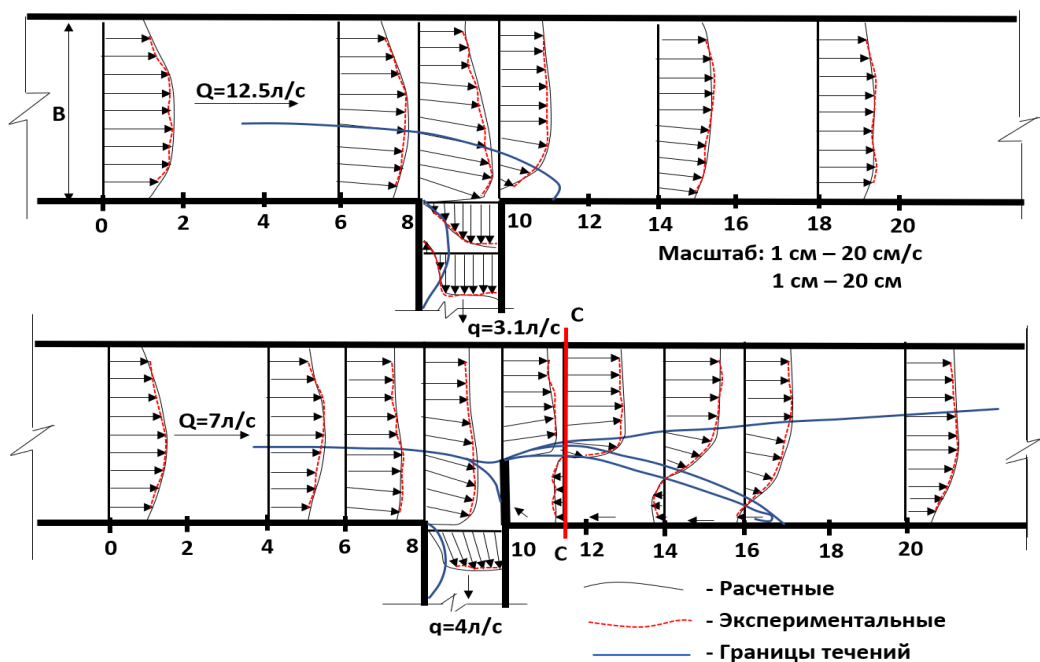


Рис. 4 Расчетные и экспериментальные эпюры скоростей и плана течения потока в зоне водозабора

Разработан метод расчета размыва русла и снижения горизонта воды в реке. Определяются глубина, ширина и длина участка размыва и длительность размыва. Расчет производится для среднемноголетнего и максимального расхода с учетом вымыва частиц наносов и отмостки размывого дна более крупными. Величина слоя смыва определяется по зависимости:

$$\Delta H_p = \frac{\pi(D+d_{\min})}{4Kg_e(1-p)} \quad (39)$$

Здесь K - коэффициент расположения крупных частиц (0,75-0,9); p - порозность наносных отложений; $d_{\min}$ и $d_{\max}$ - размеры наносов, которые определяется по зависимости $m = \frac{d_{\max}}{d_{\text{ср}}} - 1$; $g_e = 100 \left(1 - \sqrt[m]{\frac{d_{\min}}{d_{\max}}} \right)$ - процент содержания фракций диаметром $d > d_{\min}$. Понижение горизонта воды и длина участка размыва определяются по зависимостям:

$$\Delta H_0 = \Delta H_p + (H_0 - H_p) \quad (40)$$

$$L_p = \frac{2\Delta H_p}{2I_0 - (I_p + I_H)} \quad (41)$$

Где: H_0 - глубина воды до размыва, которая равна $H_0 = H_p \sqrt[2]{\left(\frac{I_p}{I_0}\right)^9}$;
 H_p - глубина воды в размыве русле.

В третьей главе диссертации **“Натурные исследования регулирования стока и его воздействия на речное русло”** приведены результаты натурных исследований. Исследования были проведены на р.Амударья, начиная с водохранилищ ТМГУ и далее по реке протяженностью 180 км до гидропоста Кипчак. Уникальность и сложность режима эксплуатации ТМГУ заключается в том, что гидроузел состоит из 4 водохранилищ: Русловое, Капарас, Султансанджар и Кошбулак, которые работают в слаженном режиме. После ввода в эксплуатацию ТМГУ с 1983 года до 2000 гг. ежегодно, затем в 2005 и 2008 годах проводились промеры чаши водохранилищ и исследования процесса русловых деформаций в нижнем течении реки Амударья на участке 110 км. Проанализирован гидрологический режим реки за 1980-2015гг. Осветленный поток в нижнем бьефе ТМГУ привело к общему размыву русла реки Амударья протяженностью 75-80км. При превышении мутности потока $1,5 \text{ кг/м}^3$ уровень воды стабилизируется и начинается его подъем. Анализ профилей дна показал, что от гидропоста Тюямуюн до Ташсака (8 км) средний уклон составил 0,00022, от Ташсака до Бируни (68 км) – 0,00018, от Бируни до гидропоста Кипчак (91 км) – 0,00020 (Рис.5). Снижение уровня водной поверхности реки Амударья в низовьях вызывало систематический недобор запланированного объема воды в оросительные системы.

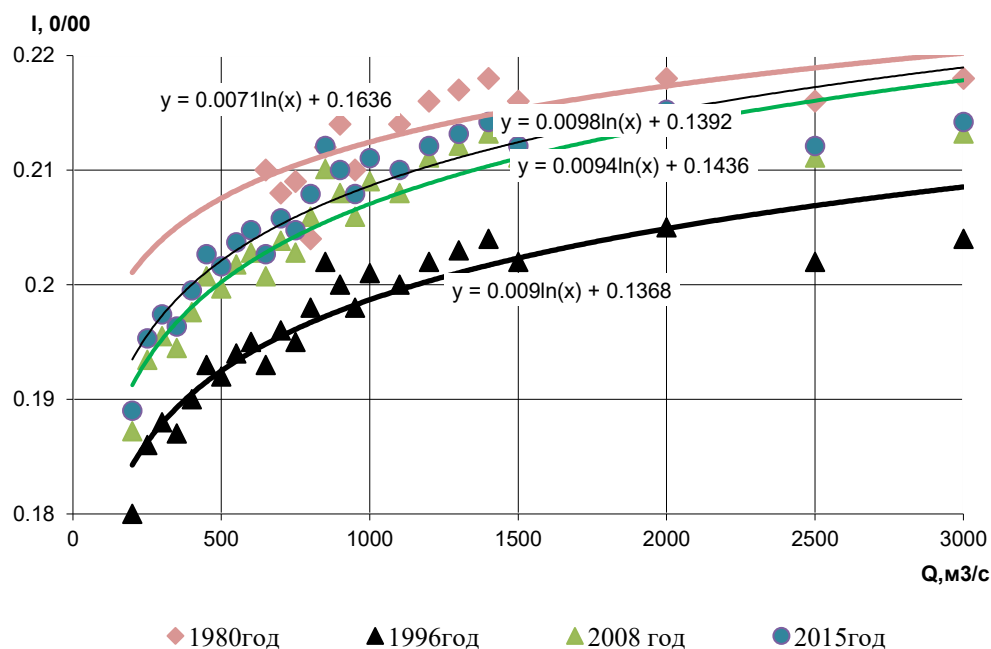


Рис. 5 Изменение уклонов водной поверхности в зависимости от расхода

Для расчета водного баланса на участках реки Амударья была составлена его электронная линейная схема (Рис. 6). При этом, по левому берегу указаны водозаборы в количестве 23 шт., из которых 10 водозаборы насосные, 13 штук – гравитационные. При составлении электронной водобалансовой расчетной схемы приняты следующие показатели:

количество водоподачи в установленное время, включая насосный водозабор или сброс в реку, пропускная способность водотока, подвешенная площадь.

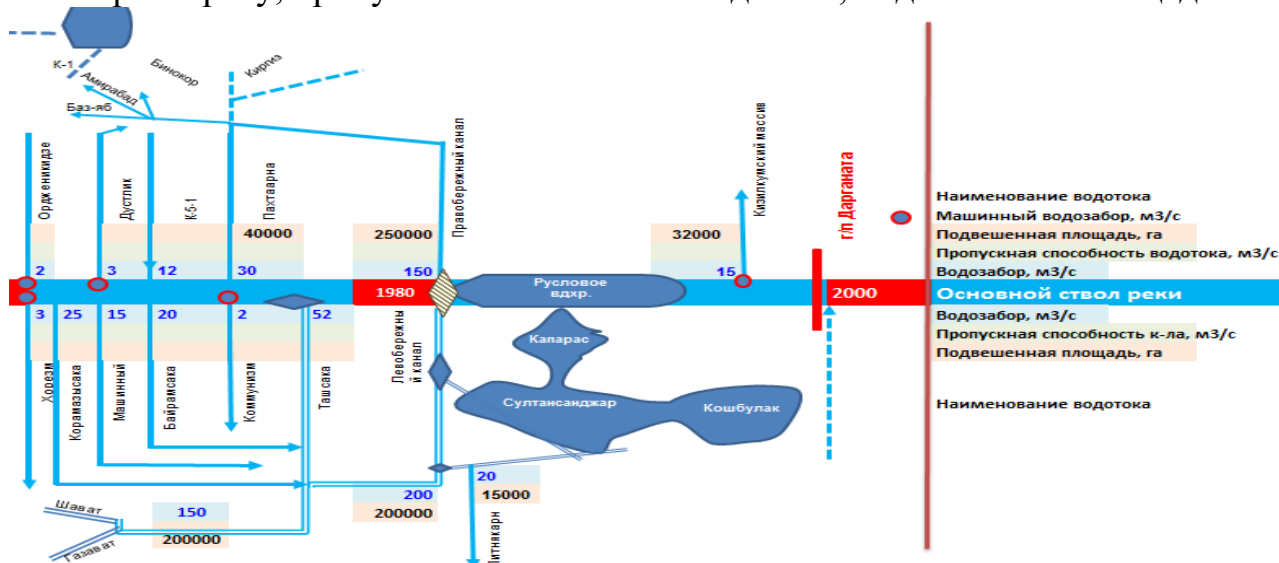


Рис. 6 Начальный участок схемы с указанием принятых определений

С помощью программы ArcGIS составлена электронная ГИС модель с базой данных водохранилищ и реки Амударья ниже Туямуянского гидроузла. ГИС-карта отражает морфологию чаши на различных отметках дна. Переходя с отметки на отметки можно обнаружить площади, покрытые водой (Рис.7).

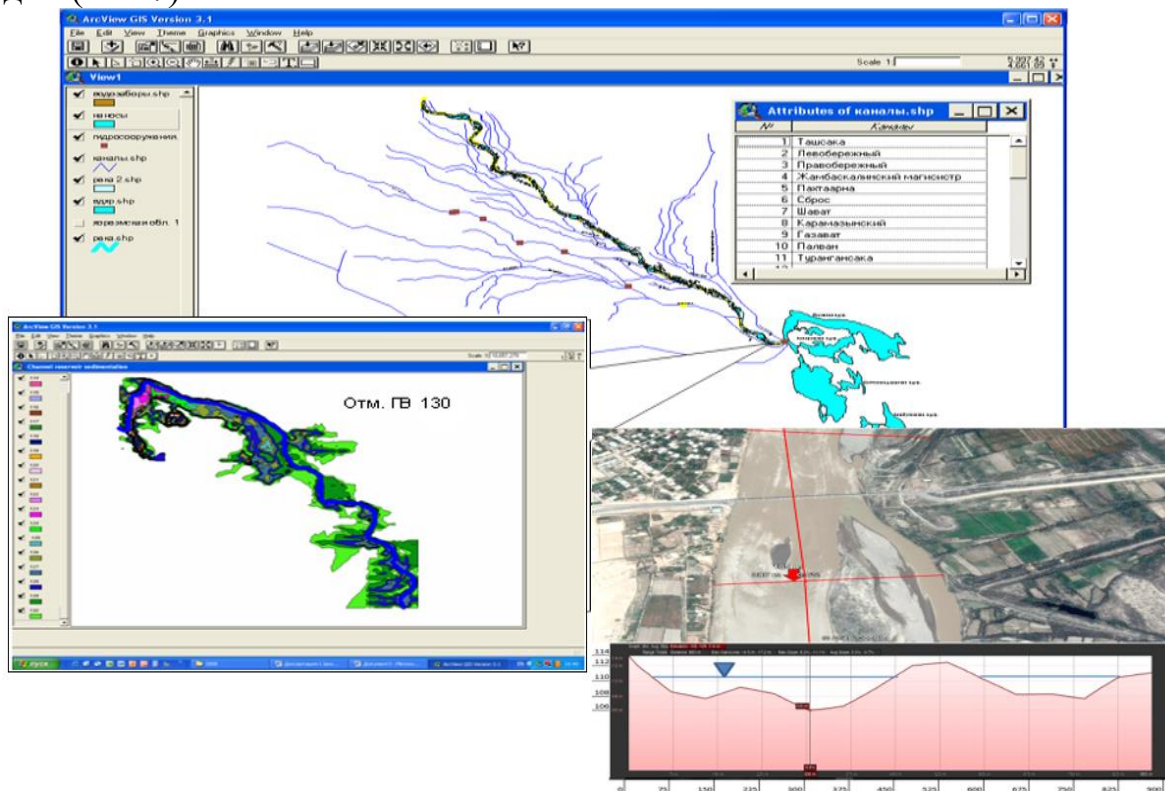


Рис. 7 ГИС модель Руслового водохранилища и участка реки Амударья в формате 3D

В четвертой главе диссертации «**Результаты экспериментальных исследований движения потока при бесплотинном водозаборе с регулированием русла реки**» приведены результаты экспериментальных исследований.

Опыты показали, что границы и плановые размеры потока меняются в зависимости от конструкции сооружений и их компоновки, расхода водозабора, степени стеснения русла. Маневрированием конструктивных элементов сооружения можно регулировать поступление наносов в канал, создавая условия для водозабора. Дамба у низовой стенки водозабора увеличивает коэффициент K_v до 25%, направляющее водозахватное устройство с продольной стенкой до 40%, а с изменением угла продольной дамбы водозабор может увеличиваться еще на 10% в зависимости от степени стеснения. Большие значения K_v соответствует малым значениям Q_v и Re (число Рейнольдса).

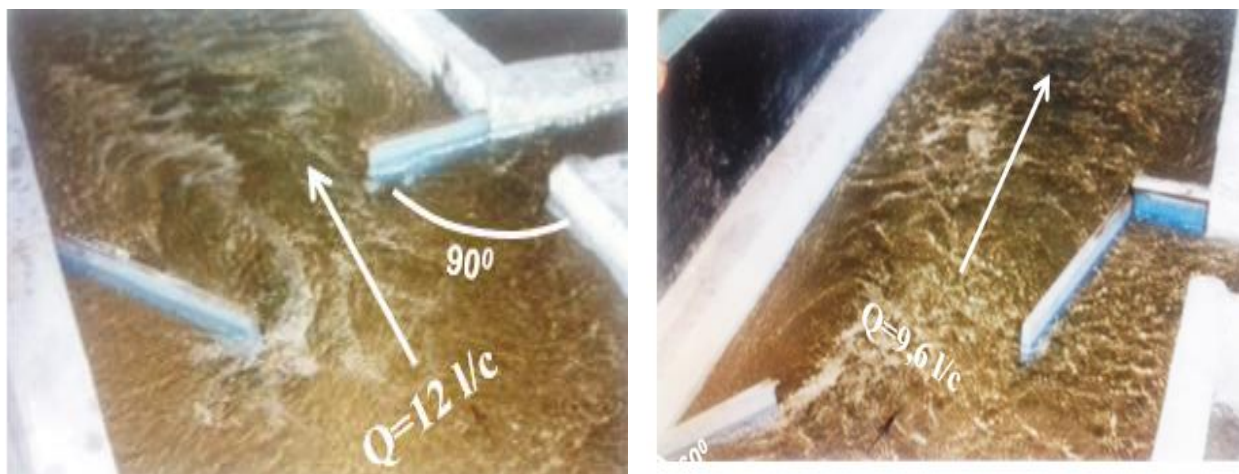


Фото 1. Экспериментальные исследования процесса обтекания потоком водозахватного и струенаправляющего дамб

В пятой главе диссертации «**Совершенствование регулирования стока рек и конструкций русло-регулирующих сооружений**» выполнены вариантные расчеты по подбору рациональных режимов работы водохранилищ Тюямуянского гидроузла на основе разработанной модели их режима работы. При этом водохранилища должны срабатываться и наполняться до полного объема ежегодно независимо от водности года, даже за счет урезки лимитов воды в маловодные годы. Русловое водохранилище является емкостью, через которое поступает весь сток реки Амударьи и обеспечивается заполнение наливных водохранилищ. По рекомендуемому режиму запасы воды из этой емкости должны использоваться в феврале-марте для промывки орошаемых земель и влагозарядки. В апреле-июне оно должно эксплуатироваться в безнапорном режиме на отметках 118-120 м, в июле-августе должно быть заполнено до 125-130 м для обеспечения наполнения Капараса, а сентябрь-январь – для заполнения Султансанджара и Кошбулака до отметки НПУ. Султансанджар и Кошбулак в период июль-август должны сработать накопленные запасы по каналу осветленной воды

до отметки 118м. В водобалансовых расчетах необходимо учитывать то, что в наносных отложениях Руслового водохранилища, превышающих объем 1053 млн. м³, при его наполнении происходит аккумуляция наносов, что составляют от 110 до 400 млн.м³ в год по расчетам в зависимости от режима работы водохранилища. Согласно расчетам, при средней интенсивности заиления срок полного заиления водохранилища примерно равен 55-57 лет.

Расчеты показали, что при поступлении в нижний бьеф ТМГУ расходов воды до 2000-3000 м³/с с мутностью 1,0-1,5 кг/м³ наблюдается стабилизация уровней воды. На участке Тапсака-Бируни произошло уменьшение уклона водной поверхности в среднем на 7-12 % или с 0,00020 до 0,00017.

Рекомендуемые варианты режимов работы водохранилищ ТМГУ в средневодные и многоводные годы увеличивают количество наносов, поступающих в нижний бьеф и стабилизируют уровни воды в нижнем бьефе, способствуют повышению дна русла реки на участке Тюямуюн-Бируни. При принятии дополнительных мер, способствующих увеличению объемов размыва донных отложений в чаше Руслового водохранилища, эффективность рекомендуемых режимов работы водохранилищ значительно увеличится.

Приведены новые технические решения рациональных конструкций русло-регулирующих сооружений при бесплотинных водозаборах, а также новых способов водозаборов, на которые выданы патент, авторские свидетельства и положительные решения Государственного патентного ведомства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по докторской диссертации (DSc) на тему **«Регулирование стока и перестроение русел равнинных рек»** представлены следующие выводы:

1. Разработанные и апробированные математические модели и компьютерные программы позволяют рассчитать водный баланс водохранилищ, определить изменение емкости водохранилища в результате заиления, создать запасы воды для максимально возможного покрытия дефицитов воды в низовьях реки, обеспечить размыв наносных отложений в верхнем бьефе и транзит наносов в нижний бьеф, также способствуют сокращению потерь воды.

2. Расчеты режима работы водохранилищ ТМГУ выполнены по трем вариантам водной обеспеченности: маловодный год (90%), средний по водности год (50%), многоводный год (10%). Рекомендуемые варианты режимов работы водохранилищ в средневодные и многоводные годы дают возможность увеличить количество наносов, поступающих в нижний бьеф, способствуют стабилизации уровня воды и повышению дна русла реки в низовьях р. Амударьи на участке Тюямуюн-Бируни.

3. Метод расчета заиления водохранилищ с учетом изменения уровня воды, выполненный для Руслового водохранилища, может быть использован для определения емкости водохранилища и выполнения прогнозных расчетов.

4. С помощью программы ArcViewGIS составлена ГИС модель водохранилищ и реки Амударья ниже ТМГУ в 3D формате с базой данных. Представлены водозаборные и русло-регулирующие сооружения, водохранилища и ствол реки с описанием морфологических характеристик. Использование ГИС инструментов даёт возможность определить объемы седиментации речных наносов в Русловом водохранилище, интенсивность изменения полезной емкости за счет отложений в нем речных наносов либо их размыва и выноса в нижний бьеф гидроузла, также размеры деформации в зоне бесплотинных водозаборов с регулированием русла.

5. Разработанная математическая модель движения двухфазного потока у бесплотинных водозаборов основана на уравнениях Навье-Стокса с введением коэффициента, учитывающего турбулентность потока. Зависимости движения двухфазной жидкости выражены в форме вихря и функции тока, которые дают возможность рассчитать поле скоростей и построить план течения у водозаборного сооружения. При этом приняты отдельные уравнения для каждой фазы, в которые включены параметры, характеризующие взаимодействие между фазами. Метод расчетов может быть использован для мониторинга и прогноза русловых деформаций в зоне бесплотинных водозаборов на протяжении заданного периода времени.

6. Экспериментами установлено, что при регулировании русла реки с помощью струенаправляющих и водозахватных сооружений поток за водозаборным сооружением делится на пять зон: зона слабовозмущенного ядра с равномерно распределенными скоростями, двух водоворотных зон с обратным направлением течения, и между ними - две зоны турбулентного перемешивания. Усовершенствованная математическая модель позволяет определить размеры этих зон, что дает возможность выбрать рациональную конструкцию русло-регулирующих сооружений, определить необходимую степень стеснения русла, кинетичность потока и определить объем забираемого расхода воды.

7. Экспериментальные исследования показали, что путем маневрирования конструктивными элементами русло-регулирующих сооружений можно управлять условиями водозабора. Водозахватная дамба, установленная на входе в канал может увеличить водозабор на 18-25%, а струенаправляющая продольная дамба на 32-40%. Изменение угла установки продольной дамбы с учетом степени стеснения русла дает возможность повышения забираемого расхода еще на 10%.

8. Разработанная электронная линейная схема для расчета водного баланса на участках реки Амударьи с указанием всех водозаборных точек включает такие параметры, как расход водозабора, водозаборы с помощью насосов, сбросы воды в реку, водозаборные сооружения и их пропускная способность, орошаемые площади. Настоящая схема позволяет выполнить расчет баланса воды, усовершенствовать распределение воды по балансовым участкам, оперативно определить участки, где наблюдается нехватка воды и перераспределить воду.

9. Предложены новые технические решения русло-регулирующих сооружений и способов водозаборов, получены патент и авторские свидетельства. Усовершенствованы методы расчета конструктивных элементов русло-регулирующих сооружений, разработаны новые конструкции струенаправляющих и водозахватных сооружений при бесплотинных водозаборах в ирригационные каналы, которые служат для минимизации транзита наносов в канал, поднятия командного горизонта воды, повышая возможность отвода чистой воды в канал.

10. Эффективность от внедрения результатов исследований состоит из следующих показателей: водообеспеченность низовьев при рекомендуемом режиме в маловодные годы повышается на 2-2,3 км³ (36%), а в средневодные годы на 0,5-0,67 км³ (5-6%) выше чем при фактическом режиме работы ТМГУ; в средневодные и многоводные годы размыв чаши Руслового водохранилища находится в пределах 200-280 млн.м³, а объем поступающих в нижний бьеф наносов на 250-310 млн.м³ больше, чем при фактическом режиме работы гидроузла; освободившаяся емкость и сокращение потерь на испарение при рекомендуемом режиме работы может обеспечить низовья реки Амударья дополнительными 320-400 млн. м³ водой, что позволит улучшить орошение 35-47 тыс. га площади.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES DSc
27.06.2017. T.10.02AT TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND
AGRICULTURAL MECHANIZATION ENGINEERS**

**SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF IRRIGATION AND WATER
PROBLEMS**

IKRAMOVA MALIKA RAKHIMBERDIEVNA

**FLOW REGULATION AND REFORMATION OF THE FLAT
RIVER CHANNELS**

05.09.07 - Hydraulics and engineering hydrology

ABSTRACT OF THE DOCTORAL DISSERTATION (DSc)

Tashkent-2019

The topic of the doctoral dissertation (DSc) is registered at the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under #B2017.1.DSc/T66.

The doctoral dissertation is implemented at the Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems.

The dissertation abstract in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available on the web page www.tiiame.uz and the Information and Educational portal "ZiyoNet" (www.ziynet.uz).

Scientific advisor:

Mukhamedov Amin Mukhamedovich Doctor of technical science, professor
--

Official reviewers:

Makhmudov Ernazar Jumaevich
Doctor of technical science, professor

Khujaev Ismatilla Kushaevich
Doctor of technical science, professor

Rizaev Abdumalik Nabievich
Doctor of technical science, professor

Leading organization:

Tashkent Architectural Building Institute

The thesis will be presented on _____ 2019 at _____ at the meeting of the Scientific Council DSc. **27.06.2017. T.10.02** at the Tashkent Institute of Engineers of Irrigation and Agricultural Mechanization, at address: 100100, Tashkent, Kary-Niyaziv St. 39, tel. + 99871-237-22-09; fax: + 99871-237-54-79; e-mail: admin@tiiame.uz.

The doctoral dissertation can be reviewed in the Information Resource Center of the Tashkent Institute of Engineers of Irrigation and Agricultural Mechanization (registration number _____) Address: 100100, Tashkent, st. Kary-Niyaziv 39, tel. (+99871) 237-19-45 e-mail: admin@tiiame.uz.

Abstract of the thesis sent out « _____ » _____ 2019.
(minutes of distribution # _____ from « _____ » _____ 2019)

T.Z.Sultanov

Chairman of the Scientific Council
for awarding of degrees, doctor of Technical Sciences

A.A.Yangiev

Scientific secretary of the scientific council
for awarding of degrees, doctor of Technical Sciences

A.M.Arifjanov

Chairman of the Scientific Seminar at the Scientific Council
for awarding of degrees, doctor of Technical Sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of the DSc Thesis)

The aim of the research is to improve the operation modes of reservoirs and non-dam water intake conditions to irrigation canals, using modern information technologies, through development and application of new rational river-regulation structures and their calculation methods.

The objects of the research are Kaparas, Sultansandzhar, Koshbulak, and Channel reservoirs, water intake structures to Tashsaka, Karamazisaka, Bayramsaka, Daryalik-arna, Klichniyazbay and Pakhta-arna canals, as well flow regulation structures at the Amudarya River.

The scientific novelty of the research is as follows:

- a mathematical model and calculation soft is developed for the operation regime of reservoirs complex, considering the annual water availability, sediment movement and changing of reservoir volume;

- a method for calculation of reservoir silting and soft are developed at a variable water level in the reservoir and water loss;

- improved a mathematical model and calculation method of two-phase flow movement at the damless water intake structures with regulation of the river channel by expressing the Navier-Stokes equation in the form of a vortex and stream function;

- improved the methods for a flow plan formation and calculation of flow kinematic characteristics and channel deformation at the damless water intake areas taking into account influence of regulatory structures to water flow and sediment movement direction;

- a new rational design of a water intake structure at the damless water intake is developed, directing a flow to irrigation canals with reducing sediment release into the canal and increase a command horizon of water surface;

- a method of geoinformation modeling in 3D format is developed to determine the morphological characteristics of the reservoir and river bed in the damless water intake zones based on GIS technologies.

Implementation of research results. On the basis of the achieved results on improving the operation mode of reservoirs and methods for calculating the river bed regulation at non-dam water intakes:

- an algorithm and a method for numerical calculation of the flow equation in the river at a water intake structures, a method for calculating the channel deformation, depth and erosion sizes were introduced for the damless water intakes located in the lower reaches of the Amudarya River by the Basin Water Management Association “BWO Amudarya” under the Ministry of Water Resources (Certificate of the Ministry of Water Resources No. 01/18-2159 of November 6, 2018). As a result, created a possibility of increasing the amount of water by 6-8% taken to irrigation canals by raising the water level due to the installation of flow regulation structures;

- the improved operation regime and sediment calculation method of the reservoirs, the changes in the river profile at the dam site were introduced by the Operation Department of the Tuyamuyun Hydro Complex of the Ministry of Water

Resources (Certificate of the Ministry of Water Resources #01/18-2159 of November 6, 2018). As a result, the improved regime has created the possibility of raising the water availability in the low-water year by 2-2.3 km³ (36%), in the average water year by 0.5-0.67 km³ (5-6%), in the high-water year the regime allows to replace 200-280 million m³ the stored sediment from the Channel reservoir and transit of 250–310 million m³ suspended sediment;

the GIS database of irrigation systems and the computer program for operational decision-making were implemented by the Kyzketken-Kegeyli Department of Irrigation Systems of the Lower-Amudarya BISA of the Ministry of Water Resources (Certificate of the Ministry of Water Resources #01/18-2159 of November 6, 2018). As a result, an opportunity has been created to reduce water loss in the irrigation system by 10–15% due to increase in the operational efficiency of the irrigation systems;

recommendations on GIS modeling in 3D format and database for the reservoir morphology and the river bed at the water intake zone, a computer program for calculating the water balance for the river sections introduced by the Left Bank Amu Darya BISA of the Ministry of Water Resources on the Tuyamuyun - Kipchak site (Certificate of the Ministry of Water Resources #01/18-2159 dated November 6, 2018). As a result, due to the improved distribution of water resources, selective determination of water availability at balance sections and correct redistribution of water in low-water conditions, reduction of water losses, it was possible to save 320-400 million m³ of water, which will improve water availability of 35-47 thousand hectares irrigated areas.

The volume and structure of the dissertation. The thesis consists of an introduction, five chapters, conclusion, list of literature, appendixes. The thesis consists of 198 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. М. Икрамова, А. Сорокин, А. Ходжиев, Х. Мисирханов, Б.Каримов. Населению качественную питьевую воду. Журнал «Ўзбекистон қишлоқ хўжалиги», №12, Ташкент, 2004. С. 5-6. (05.00.00; №8).
2. Икрамова М.Р. Регулирование управления водными ресурсами. Журнал «O'zbekiston qishloq xo'jaligi», №3, Ташкент, 2007. 16 с. (05.00.00; №8).
3. Икрамова М.Р. Повышение эффективности работы водохранилищ Туямуюнского гидроузла. Журнал «AGROILM», №2(6), Ташкент, 2007. С. 35-37. (05.00.00; №3).
4. Икрамова М.Р. Потери воды на испарение из водохранилищ Туямуюнского гидроузла. Журнал «AGROILM», №6(44), Ташкент, 2016. С.68-69. (05.00.00; №3).
5. Ikramova M. Estimation of sediment loads: the Tuyamuyun reservoir on Amudarya River. European Science Review. Austria. 2016. Pp. 199-202. (05.00.00; №3).
6. Ikramova M., Akhmedkhodjaeva I. Khodjiev A. The Amudarya River Basin water resources management issues: case study. European Science Review. Austria. 2017. Pp. 99-102. (05.00.00; №3).
7. Olsson O., Ikramova M., Sorokin A. Modeling scenarios to identify a combined sediment-water management strategy for the large reservoirs of the Tuyamuyun hydro-complex. Irrigation and Drainage Systems. Volume 5, #1, 2011. P. 149-160 (05.00.00; №6)
8. Froebrich J., Bauer M., Ikramova M., Olsson O. Water quantity and Quality Dynamics of the THC-Tuyamuyun Hydro Engineering Complex – and Implications for Reservoir Operation. Environmental Science and Pollution Research. Vol.14, #6, 2007. P. 435-442. (Journal Impact Factor, IF 2.492)
9. Olsson O., Ikramova M., Bauer M., Froebrich J. Applicability of Adapted Reservoir Operation for Water Stress Mitigation Under Dry Year Conditions. Water Resources Management. Volume 24, Issue 2, 2010, P. 277-297. (Journal Impact Factor, IF 2.201)
10. Groll M., Opp Chr., Kulmatov R., Ikramova M., Normatov I. Water quality, potential conflicts and solutions—an upstream–downstream analysis of the transnational Zarafshan River (Tajikistan, Uzbekistan). Environmental Earth Sciences. V73, Issue 2, 2013. P. 743-763 (Journal Impact Factor, IF 1.572)
11. Olsson O., Gassmann M., Manig B., Ikramova M., Wegerich K. Basin efficiency approach and its effect on streamflow quality, Zerafshan River Uzbekistan. Journal of Hydrology. 476, 2013. P.128-135 (SCOPUS: IF3.36)

I I бўлим (I I часть; I I part)

12. Olsson O., Bauer M., Ikramova M., Froebrich J. The Role of Amudarya Dams and Reservoirs in Future Water Supply in The Amu Darya Basin. Springer: NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. 2008. Pp. 277-292.
13. Froebrich J., Ikramova M., Razakov R. Improved groundwater management strategies at the Amudarya River. NATO Science Series IV: Environmental Earth Sciences – Vol.70. The Netherlands 2006. Pp.153-165.
14. Бакиев М.Р., Икрамова М.Р. Расчет скоростного поля в области сжатия потока, стесненного дамбами различных форм. Журнал «Механика муаммолари», №2, ФАН, 1994, С. 26-29.
15. Арифджанов А. Икрамова М.Р. К расчету мутности транзитного потока в стесненных условиях. Журнал «Механика муаммолари», № 3,4, ФАН, 1995. С. 42-45.
16. Далабаев У., Икрамова М.Р. К расчету плана течений в русле реки при отводе части потока. Журнал «Механика муаммолари», №3, ФАН, 1997. С.33-37.
17. Каюмов О. Икрамова М.Р. Влияние Туямуюнского гидроузла на русловые процессы и водозаборы низовьев реки Амударья. Журнал «Сельское хозяйство Узбекистана», №2, 1997. С. 29-30.
18. Икрамова М.Р., Ходжиев А. Особенности работы Туямуюнского гидроузла. Журнал «Сельское хозяйство Узбекистана», №4. Ташкент, 1998. С. 29-31.
19. Икрамова М.Р. Ходжиев А. Влияние антропогенных воздействий в низовьях р.Амударьи. Журнал «Сельское хозяйство Узбекистана», №5, Ташкент, 1999. С. 44-46.
20. Ikramova M. Using water transfers to provide safe drinking water in the Aral Sea region – Uzbekistan. U.S. Committee on Irrigation and Drainage, 24-28 May, Colorado, Denver, USA, 2001. P. 409-418.
21. Икрамова М.Р. Мероприятия по обеспечению населения низовьев р.Амударья качественной питьевой водой. Научные исследования в мелиорации и водном хозяйстве. Сборник научных трудов. Том 41, Выпуск 2. Тараз, ИЦ Аква, 2004. С. 143-149.
22. Икрамова М.Р. Оценка и прогнозы использования земельно-водных ресурсов в низовьях р. Амударьи. Научные технологии в мелиорации. Материалы международной конференции. Москва 2005. С. 416-419.
23. Икрамова М.Р., Ходжиев А.К., Мисирханов Х.И. Совершенствование режима работы ТМГУ, направленное на снижение интенсивности заиления Руслового водохранилища. Доклады международной научно-практической конференции. Тараз, 2005. С.327-332
24. Икрамова М.Р. Проблемы управления водными ресурсами реки Амударья. Российская академия сельскохозяйственных наук. Мелиорация: этапы и перспективы развития. Материалы международной научно-производственной конференции. ВНИИГиМ, Москва 2006, С.200-204.
25. O. Olsson, M. Bauer, J. Froebrich. Enhanced risk management strategies for

mitigating future droughts in Central Asia. 13th IWRA World Water Congress/ 2008, 1-4 Sept., Montpellier, France. P. 218-230.

26. Икрамова М., Ходжиев А., Алибеков И. Совершенствование методики расчета заиления русловых водохранилищ. 6-я международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная году экологии в России “Перспективы развития науки и образования в современных экологических условиях”. Федеральное агентство научных организаций России. Солёное Заимше, 2017. С. 250-256.

27. Икрамова М. Р., Ахмедходжаева И.А., Ходжиев А. Рекомендации по улучшению режимов работы водохранилищ 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.

28. Икрамова М.Р. Алгоритм построения плана течения потока на участке водозабора. Международная конференция «Научное обоснование и практическое использование управляющих информационных систем водными и земельными ресурсами». Ташкент, 24-25 апреля, 1996. С 40-41.

29. Икрамова М.Р. Границы раздела между транзитными потоками и водоворотной зоной в верхнем бьефе дамбы со трунаправляющим оголовком. АН РУз «Актуальные проблемы прикладной механики», Ташкент, 1995г. С. 26-30

30. Икрамова М. Расчет скоростного поля и построение плана течения перед глухой дамбой. Ирригация инженерларини тайёрлаш ўқув-илмий ишлаб чиқариш анжуманининг тезислар тўплами. Тошкент, 1995. 63 с.

31. Икрамова М.Р. Определение границы водоворотной зоны в верхнем бьефе дамбы стрельчатой формы. Ирригация инженерларини тайёрлаш ўқув-илмий ишлаб чиқариш анжуманининг тезислар тўплами. Тошкент, 1995. 74с.

32. Икрамова М.Р. Расчет скоростей в верхнем бьефе берегозащитной дамбы. Сборник научных трудов «Мелиорация и водное хозяйство», НПО САНИИРИ, Ташкент, 1996. С. 57-61.

33. Икрамова М.Р., Ходжиева А.К. Местные деформации русла у регулиционных сооружений при бесплотинном водозаборе. Сборник научных трудов «Современные проблемы управления водными ресурсами», НПО САНИИРИ, Ташкент, 2003. С.91-94.

34. Икрамова М.Р. Бесплотинные водозаборы в низовьях реки Амударьи. Сборник научных трудов САНИИРИ. Ташкент, 2005. С.512-519.

35. Икрамова М.Р. Мероприятия по повышению эффективности использования водных ресурсов в низовьях р. Амударьи. Материалы республиканской научно-производственной конференции «Проблемы перехода на рыночные отношения в отраслях водного хозяйства и мелиорации Узбекистана». Ташкент, 2006. С.175-182.

36. Икрамова М., Батищев С. Новые информационные технологии в повышении эффективности управления и мониторинга водных ресурсов в

ирригационных системах речных бассейнов. Материалы Республиканской научно-практической конференции. Проблемы и задачи целевого и эффективного использования водных ресурсов фермерскими хозяйствами. Ташкент, 2009. С. 109-114.

37. Икрамова М.Р., Ходжиев А.К., Немтинов В.А. Расчет режима работы ТМГУ без сработки Капарасского водохранилища для нужд ирригации. Материалы республиканской научно-практической конференции «Эффективное использование водных ресурсов в сельском хозяйстве и актуальные проблемы улучшения мелиоративного состояния земель», 2010. С.156-161.

38. Икрамова М.Р., Немтинов В.А., Ахмедходжаева И.А., Ходжиев А.К. Прогнозные расчеты потерь воды на фильтрацию из водохранилищ ТМГУ при различных режимах эксплуатации. Материалы республиканской научно-практической конференции «Эффективное использование водных ресурсов в сельском хозяйстве и актуальные проблемы улучшения мелиоративного состояния земель», 2010. С.162-168.

39. Ikramova M, Lisenko O., Sorokin A., Chevallier P., Rycroft D., Pouaud B., Mojaisky M., Vauchel Ph. A water mass balance for the irrigation massive Interstate water resource risk management: Towards a sustainable future for the Aral basin (JAYHUN). IWA publishing, London, 2010. P. 49-59

40. Olsson O., Khodjiev A., Ikramova M. Combined reservoir management of water and sediments for the channel reservoir at the Lower Amudarya River. Interstate water resource risk management: Towards a sustainable future for the Aral basin (JAYHUN). IWA publishing, London, 2010. P. 87-97

41. Tanton T., Ikramova M., D. Rycroft. Natural and Manmade risks to water resource security in the Amudarya River Basin. Interstate water resource risk management: Towards a sustainable future for the Aral basin (JAYHUN). IWA publishing, London, 2010. P. 99-116.

42. Ikramova M. Basin Management of Irrigation Systems. THE NETWORK NEWSLETTER. International network of basin organizations. December 2004-January 2005. # 13, 16p.

43. Икрамова М.Р. Повышение эффективности использования водных ресурсов в низовьях р.Амударьи в условиях продолжающегося экологического кризиса. Журнал «Водные ресурсы Центральной Азии». Душанбе, 2005, том 4, №4. С. 46-59.

44. Икрамова М.Р., Садиев У.А., Батишев С., Ахмедходжаева И. Объектларнинг геоинформацион модели. Ўзбекистон республикаси интеллектуал мулк агентлиги. DGU 05843, 2018.

45. Икрамова М.Р., Садиев У.А., Батишев С., Ахмедходжаева И. Электрон кадастр. Ўзбекистон республикаси интеллектуал мулк агентлиги. DGU 05844, 2018.

Автореферат “ИРРИГАЦИЯ ВА МЕЛИОРАЦИЯ“ илмий журнали
тахририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз (резюме)
тилларидаги матнлари мослиги текширилди (25.01.2019 йил)

Босишга рухсат этилди: 16.02. 2019 йил
Бичими 60x84 ¹/₁₆, “Times New Roman”
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи 4, Адади:100. Буюртма: №22
Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат босмахонасида чоп этилди.
Манзил: 100100, Тошкент ш., Шоҳжаҳон кўчаси, 5- уй

