

**“ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ  
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУХАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ” МИЛЛИЙ  
ТАДҚИҚОТ УНИВЕРСИТЕТИ ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖА  
БЕРУВЧИ DSc. 03/30.12.2019.Т.10.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**“ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ  
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУХАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ” МИЛЛИЙ  
ТАДҚИҚОТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**НОРҚУЛОВ БЕҲЗОД ЭШМИРЗАЕВИЧ**

**ЎЗАНИ ЕНГИЛ ЮВИЛУВЧАН ДАРЁЛАРДА ОҚИМНИНГ БЕҚАРОР  
ХАРАКАТИНИ ҲИСОБЛАШ УСУЛЛАРИНИ ИЛМИЙ ВА  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

**05.09.07 – Гидравлика ва муҳандислик гидрологияси**

**Техника фанлари доктори (dsc)  
диссертацияси автореферати**

**Тошкент - 2024**

**Техника фанлари доктори (DSc)  
диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации  
доктора (DSc) технических наук**

**Content of the dissertation abstract of Doctor of Science  
(DSc) on Technical Sciences**

**Норкулов Бехзод Эшмирзаевич**

Ўзани енгил ювулувчан дарёларда оқимнинг беқарор харакатини  
ҳисоблаш усуллари илмий ва экспериментал такомиллаштириш..... 3

**Норкулов Бехзод Эшмирзаевич**

Совершенствование научных и экспериментальных методов расчёта  
нестационарного движения потока на легкоразмываемых руслах  
рек..... 29

**Norkulov Behzod Eshmirzaevich**

Improving scientific and experimental methods for calculating unsteady flow  
movement on easily eroded river beds..... 55

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works ..... 59

**“ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ  
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУХАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ” МИЛЛИЙ  
ТАДҚИҚОТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖА  
БЕРУВЧИ DSc. 03/30.12.2019.Т.10.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**“ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ  
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУХАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ” МИЛЛИЙ  
ТАДҚИҚОТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**НОРҚУЛОВ БЕҲЗОД ЭШМИРЗАЕВИЧ**

**ЎЗАНИ ЕНГИЛ ЮВИЛУВЧАН ДАРЁЛАРДА ОҚИМНИНГ БЕҚАРОР  
ХАРАКАТИНИ ҲИСОБЛАШ УСУЛЛАРИНИ ИЛМИЙ ВА  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

**05.09.07 – Гидравлика ва муҳандислик гидрологияси**

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

**Техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновация вазирлиги ҳузуридаги олий аттестация комиссиясида В.2022.4.DSc/T576 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (resume)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.tiame.uz](http://www.tiame.uz)) ва “ZiyoNet” ахборот-таълим тармоғига ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Базаров Дилшод Райимович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Хўжаев Исматулла Қушаевич**  
техника фанлари доктори, профессор

**Махмудов Эрناзар Жумаевич**  
техника фанлари доктори, профессор

**Эшев Собир Саматович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Етакчи ташкилот:**

**Тошкент архитектура-қурилиш университети**

Диссертация ҳимояси “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.10.02 рақамли илмий кенгашнинг «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 й. соат \_\_\_\_\_ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100000, Тошкент ш., Қори-Ниёзий кўчаси, 39 уй. Тел. (+99871) 237-22-67; факс: 237-54-79; e-mail: [admin@tiame.uz](mailto:admin@tiame.uz)).

Диссертация билан “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (\_\_\_\_\_ рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100000, Тошкент ш., Қори-Ниёзий кўчаси, 39 уй. Тел. (+99871) 237-22-67, факс: 237-54-79; e-mail: [admin@tiame.uz](mailto:admin@tiame.uz).

Диссертация автореферати 2024йил \_\_\_\_\_ куни тарқатилди.

(2024 йил \_\_\_\_\_ даги № \_\_\_\_\_ рақамли реестр баённомаси).

**А.Т.Салоҳиддинов**

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

**Ф. Гаппаров**

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

**М.Р.Бакиев**

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

## КИРИШ (фан доктори (DSc) диссертациясига автореферат)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти.** Жахонда дарё ўзанларида гидротехника ёки гидроэнергетика иншоотларини қуришда оқим динамикасининг кескин ўзгаришини башорат қилиш хусусан, тўғонсиз сув олишда ўзандаги жараёнларнинг ривожланиши иншоот ишончлилигига ва ишлашига салбий таъсирлари олдини олиш, шунингдек қишлоқ хўжалик экинларига кафолатланган миқдорда сув етказиб берилишини таъминлаш масалаларига алоҳида аҳамият берилмоқда. Ҳозирги кунда ривожланган мамлакатларда глобал иқлим ўзгариши инobatга олиб тўғонсиз сув олиш бош иншооти иш режимини баҳолаш, дарёнинг юқори оқимини бошқарилиши натижасида чуқурлик ва кенглик бўйича ўзан жараёнларининг ўлчамларини аниқлаш, уларни ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш замонавий ўзан гидравликасининг асосий масалаларидан бири бўлиб қолмоқда. Бу борада, жумладан тўғонсиз сув олишда, энг кам миқдордаги муаллақ ва ўзан туби оқизиклари билан кафолатланган сув олиш имкониятини яратиш, тўғонсиз сув олиш бош иншоотларининг хавфсиз ва самарали ишлашини таъминлашга эътибор қаратилмоқда.

Жахонда дарё ўзанлари ва тўғонсиз сув олиш каналларининг кириш қисмларида содир бўладиган ўзан жараёнлари динамикасини башорат қилиш, лойқа чўкиндилярнинг тақсимланишини баҳолаш усулларини такомиллаштириш, тўғонсиз сув олишнинг ишончлилиги учун шароитларни яхшилашга қаратилган илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан, дарё ўзанларида деформацияни ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқиш, уларнинг морфологиясини ҳисобга олган ҳолда тўғонсиз сув олиш бош иншоотларига кафолатланган ва сифатли сув олишини таъминлашда замонавий ўзан гидравликаси бўйича тадқиқотлар устивор ҳисобланмоқда. Шу билан бирга, бош иншоот иш самарадорлигини ошириш бўйича янги экспериментал тадқиқотлар олиб бориш, ўзан жараёнларининг кўп омиллиги, вақт ва йўналиш бўйича кескин ўзгарувчанлиги туфайли кўриб чиқиладиган йўналиш бўйича кенг қамровли назарий ва экспериментал тадқиқотлар олиб бориш долзарб вазифалардан ҳисобланмоқда.

Ҳозирда республикамизнинг иқтисодий сиёсатида мамлакатни озиқ овқат билан таъминлаш, аҳоли ва иқтисодиёт тармоқларини тўлиқ сув ресурслари билан кафолатли таъминлаш, гидротехник ва мелиоратив тармоқларни қуриш, реконструкция қилиш каби масалалар устида самарали илмий тадқиқот ишлари бажарилмоқда. 2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида ишлаб чиқилган ва унда «Сув ресурсларини бошқариш тизимини тубдан ислоҳ қилиш ва сувни иқтисод қилиш бўйича алоҳида давлат дастурини амалга ошириш»<sup>1</sup> вазифалари белгиланган. Шу муносабат билан тўғонсиз сув олиш иншоотлари элементлари учун янги ва мавжуд гидравлик схемаларини такомиллаштириш, алоҳида конструктив ечимлар қабул қилиш, бундан ташқари сув олувчи

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги фармони

иншоотлари учун керакли сув сарфларини энг кичик миқдордаги чўкиндилар ўтказувчи сув олувчи каналлар ўзанларини танлаш мухим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги, 2019 йил 17 июндаги ПФ-5742-сон «Қишлоқ хўжалигида ер ва сув ресурсларидан самарали фойдаланиш чора-тадбирлари тўғрисида» ги ва 2020 йил 10 июлдаги ПФ-6024-сон «Ўзбекистон Республикаси сув хўжалигини ривожлантиришнинг 2020-2030 йилларга мўлжалланган концепциясини тасдиқлаш тўғрисида»ги фармонлари, 2017 йил 25 сентябрдаги ПҚ-3286-сон «Сув объектларини муҳофаза қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти маълум даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг V. «Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф-муҳит муҳофазаси» устувор йўналишига мос келади.

**Диссертация мавзуси бўйича халқаро илмий тадқиқотлар шарҳи<sup>2</sup>.** Ҳозирги вақтда сув ресурсларидан самарали фойдаланиш мақсадида, тш-онсиз сув олиш иншоотлари иш шароитини яхшилаш, ўзан жараёнларини ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш масалалари бўйича жаҳоннинг етакчи илмий - тадқиқот муассасаларида кенг қамровли илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Жаҳонда сув муаммолари соҳасида муваффақиятли изланишлар олиб бораётган ташкилотлар сифатида: Юта давлат университетининг Техник маркази, Шимолий Каролина давлат университети қошидаги Сув ресурслари тадқиқоти институти, US Bureau of Reclamation (АҚШ), Вена давлат университетининг География ва регионал тадқиқотлар департаменти (Австрия), Ганновер Университети (Германия), Россия ва Тожикистон «Сув муаммолари» институти каби ташкилотларни келтириш мумкин.

Дарё оқимини бошқариш, дарёдан сув олиш, ўзан жараёнлари, 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), гидротехника иншоотларини дарё гидрологик режимининг ўзгаришига таъсирини башорат қилиш усуллари ишлаб чиқилган (Колорадо университети, АҚШ), сув олиш каналларида

---

<sup>2</sup> Диссертация 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.

оқимнинг ҳаракатини математик моделлари ишлаб чиқилган (Вена университети, Австрия, Санкт Петербург политехника университети, Москва давлат қурилиш университети), дарёлар оқимини рационал бошқариш концепцияси ишлаб чиқилган (Департамент of Geomatic Engineering, Kwame Nkrumah University of Science & Technology (Гана). Ушбу йўналишда эришилган ютуқларга қарамай, ҳал қилиниши керак бўлган муаммолар мавжуд. Чунки тўғонсиз сув иншоотларини лойиҳалашда қутилган натижаларни олиш имконияти етарли эмаслиги, енгил ювилувчан дарё ўзанларида оқимнинг нотекис ҳаракатини ҳисоблашнинг мавжуд усуллари аниқлаштиришни талаб қилади.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Тўғонсиз сув олиш, дарё ўзанидаги жараёнларни баҳолаш ва ҳисоблаш, сув оқимини бўлиниши қонуниятларини аниқлаш усулларига оид назарий ва экспериментал тадқиқотлар билан Республика ва чет элларда қуйидаги олимлар шуғулланишган: И.И.Леви, В.М.Лохтин, В.Н.Гончаров, А.Н.Гостунский, Н.В.Гришанин, И.В.Попов, К.И.Россинский, Г.А.Федотов, И.А.Кузмин, В.С.Алтунин, Н.Ф.Данелия, И.Л.Розовский, О.В.Андреев, Н.А.Михайлов, Н.С.Знаменской, В.С.Лапшенков, Д.Б.Дмитриев, В.М.Ляхтер, J.A. Kunj, F.M. Holly, A. Verwey, А.Н.Милитеев, В.В. Беликов, В.К. Дебольский, В.М.Прудовский, Б.Л.Историк, Г.Л.Гладков, К.Ш.Латипов, И.К.Хужаев, А.М.Арифжанов, М.Р.Бакиев, Хикматов Ф.Х, С.С.Эшев, И.А.Ахмедходжаева, М.Икромова, Ф.Шаазизов, Л.Самиев ва бошқалар.

Дарёлардан тўғонсиз сув олиш масалаларига қаратилган илмий ва амалий тадқиқотлар билан С.Т.Алтунин, С.Х.Абалянц, А.М.Мухамедов, Х.А.Ирмухамедов, Х.А.Исмагилов, И.А.Бузунов, Р.Уркинбаев, Ж.Кучкаров, Д.Р.Базаров ва бошқаларнинг илмий тадқиқот ишларида батафсил ёритилган ва уларнинг натижалари маълум даражада амалиётга қўлланилиб келинмоқда.

Гидротехника иншоотлари қурилиши ва эксплуатациясининг назарий масалалари бўйича илмий тадқиқотларни Ц.Е.Мирцхулава, И.Н.Ивашенко, С.Г.Шульман, Д.В.Стефанишин, О.М.Финагенов (Россия), М.М.Мирсаидов, М.Р.Бакиев, Э.Ж.Махмудов, Т.З.Султанов, А.А.Янгиев, Х.Файзиев (Ўзбекистон) ва бошқалар олиб борганлар.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация иши “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университетининг илмий тадқиқот ишлари режасининг № 25/2021 Қарши магистрал канали 1-сонли насос станциясига сув олиб келиш соҳасидаги узандаги жараёнларини баҳолаш ҳамда земсиарядлар ва насос станцияси агрегатларини ишлатиш самарадорлигини ошириш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш ҳамда 33/22-сонли Туркменистонда жойлашган “Қарши магистрал канали 1-сонли насос станциясига сув олиб келиш канали узунлиги бўйича лойқа чўкиндилар чўқиш соҳасини аниқлаш ва каналнинг сув ўтказиш қобилиятини ошириш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш” мавзусидаги хўжалик шартномасининг тадқиқот ишлари доирасида олиб борилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** Ўзани енгил ювилувчан дарёларда оқимнинг беқарор ҳаракатини ҳисоблаш усулларини назарий ва экспериментал такомиллаштиришдан иборатдир.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

дарё ўзанларида содир бўлаётган оқим беқарор ҳаракатини ва ўзан жараёнларининг ҳозирги ҳолатини ўрганиш;

кичик сувлар назарияси тенгламаларига асосланиб, дарё ўзанларида ўзан жараёнларини ҳосил бўлишининг математик моделини ишлаб чиқиш;

тўғонсиз сув олиш иншооти доирасида оқимнинг ўзига хослиги, чўкинди заррачаларининг чўкиши ва ўзан тубининг ювилиш хусусиятларини ўрганиш;

тўғонсиз сув олишда лойқа чўкиндиларнинг тақсимланиши ва йўналишини башорат қилиш дастурларини яратиш;

сонли тадқиқотлар асосида тўғонсиз сув олиш соҳасида йўналтирувчи иншоотларни жойлаштиришнинг гидравлик схемаларини яратиш;

тўғонсиз сув олишнинг пастки бьефида оқим тезлигининг тақсимланиши ва йўналишини башорат қилиш дастури асосида ўзан жараёнлари жадаллигини башоратлаш технологиясини такомиллаштириш.

**Тадқиқотнинг объекти** Амударёда жойлашган Қарши магистрал канали (КМК) тўғонсиз сув олиш иншооти

**Тадқиқотнинг предмети**ни Қарши магистрал каналига тўғонсиз сув олиш соҳасида ўзан жараёнлари ва уларнинг математик моделлари.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқотлар жараёнида математик моделлаштириш ва ўзан жараёнларини содир бўлиши бўйича дала кузатувларини ўтказиш, чизикли бўлмаган тенгламаларни қабул қилинган чегаравий шартларда ва экспериментал ҳисоблашлар асосида сонли ечиш усулларида фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:.

икки ўлчамли дифференциал тенгламалар асосида сув оқими ҳаракатини ифодаловчи математик модель ишлаб чиқиш орқали тўғонсиз сув олиш иншоотида сув олишни яхшилаш усуллари такомиллаштирилган

назарий ва экспериментал тадқиқотлар асосида тўғонсиз сув олувчи каналига чўкиндилар киришини камайтиришни гидравлик схемаларини асослаш орқали оқимни йўналтирувчи пионер хандакни янги конструктив элементлари таклиф этилган

ўзани енгил ювилувчан дарёлардан тўғонсиз сув олишда оқимнинг беқарор ҳаракатини ҳисоблаш усуллари такомиллаштириш орқали лойқа оқизикларнинг тақсимланиши ва йўналишини башорат қилиш дастури яратилган;

тўғонсиз сув олиш каналига оқимни йўналтирувчи иншоотларни жойлаштириш ўрнини гидравлик схемалари сонли тадқиқотлар асосида ишлаб чиқилган;

тўғонсиз сув олиш иншоотининг пастки бьефида оқим тезликларининг тақсимланишини ва йўналишини башорат қилиш дастури орқали ўзан жараёнларини башорат қилиш технологияси ишлаб чиқилган;



гидравлик ва дала тадқиқотлари асосида кам сувли даврларда дарёдан тўғонсиз сув олиш соҳасида оқимнинг дарё тубининг шакли ва ўзан жараёнлари билан боғлиқлари асосланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

тўғонсиз сув олиш иншоотларини лойиҳалашда фойдаланиш учун икки ўлчам математик модел асосида сув оқими ва ўзан туби оқизиқлари харакатини аниқлаш усули ишлаб чиқилган.

тўғонсиз сув олиш каналига оқимни йўналтирувчи иншоотларнинг конструктив элементлари лойқа чўкиндиларни каналга кириши инобатга олиб ишлаб чиқилган.

дарёдан тўғонсиз сув олиш иншооти соҳасида вақтга боғлиқ равишда оқим тезликларини юза майдон бўйича тақсимланишини башорат қилиш дастури ишлаб чиқилган.

сонли тадқиқотлар асосида йилнинг сув кам бўлган даврларида оқимни сув олиш каналига йўналтиришни гидравлик схемалари ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончилиги математик моделнинг импульс ва масса сақланиш қонунлари билан тасдиқланганлиги, қўлланиладиган ҳисоблаш схемаларининг консервативлиги, шунингдек, олинган натижаларнинг тадқиқот объектининг табиатига мос келиши билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти:**

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти тўғонсиз сув олиш соҳасида деформацион жараёнларни ифодаловчи икки ўлчамли математик моделни ишлаб чиқиш ва замонавий дастурлар асосида дарё ўзанидаги жараёнларни ҳисоблаш усулларини назарий ва экспериментал такомиллаштирилганлиги, сонли тадқиқотлар асосида тўғонсиз сув олиш соҳасида оқим йўналтирувчи иншоотларни жойлаштиришнинг гидравлик схемаларини ва конструкцион элементларини ишлаб чиқилганлиги, ўзан қирғоқлари ва тубининг деформацияланишини бир вақтнинг ўзида ҳисоблаш усулини такомиллаштирилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти дарё ўзанида оқимнинг гидравлик элементлари ва ўзанининг морфометрик параметрлари ўртасидаги функционал боғлиқликларни олинганлиги, Қарши магистрал канали тўғонсиз сув олиш соҳасидаги лойқа билан тўйинган оқимни параметрларини аниқлашда руй берадиган ўзандаги жараёнлар ҳисобланганлиги, тўғонсиз сув олувчи каналига чўкиндилар киришини камайтиришни гидравлик схемаларини асослаш орқали оқимни йўналтирувчи пионер хандакни янги конструктив элементларини ишлаб чиқилганлиги, сув олишнинг пастки бўефидаги ўзандаги жараёнлар динамикасини баҳоланганлиги ва тўғонсиз сув олишда кам сувли даврларни инобатга олиб сув олишни яхшилаш усуллари ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Тўғонсиз сув олишда ўзан жараёнлари жадаллигини баҳолаш ва иншоотнинг эксплуатацион шароитини яхшилашда илмий ва экспериментал такомиллаштириш бўйича олинган натижалар асосида:

тўғонсиз сув олиш ҳудудида сув оқимининг ҳаракатини ифодаловчи икки ўлчамли такомиллаштирилган математик модели Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Карши магистрал каналдан фойдаланиш бошқармаси томонидан амалиётга жорий қилинган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2023-йил 16-августдаги 03/37-2603 -сонли маълумотномаси). Натижада сув оқими ва ўзан туби оқизиклари орасидаги боғланиш қонуниятлари ва тўғонсиз сув олиш иншооти соҳасида ўзандаги жараёнлар характерини аниқлаш имкони яратилган.

сув олиш каналига оқимни йўналтирувчи пионер хандақнинг конструктив элементлари каналга чўкиндиларнинг киришини инobatга олган гидравлик схемалари Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Карши магистрал каналдан фойдаланиш бошқармаси томонидан амалиётга жорий қилинган. (Сув хўжалиги вазирлигининг 2023-йил 16-августдаги 03/37-2603 -сонли маълумотномаси). Натижада тўғонсиз сув олишда ўзан жараёнлари ўзгаришини олди олинган ва оқимни сув олиш каналига йўналтириш орқали эксплуатацион самарадорликни 12 фоизга яхшилаш имкони яратилган.

дарёдан тўғонсиз сув олиш иншооти соҳасида вақтга боғлиқ равишда оқим тезликларини юза майдон бўйича тақсимланишини ва оқимнинг лойқалигини ўзгаришини инobatга олган ҳолда оқим йўналишини башорат қилиш дастури Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Карши магистрал каналдан фойдаланиш бошқармаси томонидан амалиётга жорий қилинган. (Сув хўжалиги вазирлигининг 2023-йил 16-августдаги 03/37-2603 -сонли маълумотномаси). Натижада, ишлаб чиқилган дастур ёрдамида оқим тезликларининг юза майдон бўйича тақсимланиши ва лойқа оқизиклар йўналишини башорат қилиш, дарёдан тўғонсиз сув олишда иншоот иш режимининг таъсири натижасида содир бўладиган ўзан жараёнларини олдини олиш имконияти яратилган.

сонли тадқиқотлар асосида ишлаб чиқилган гидравлик схемалари Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Аму-Бухоро машина каналдан фойдаланиш бошқармаси томонидан амалиётга жорий қилинган. (Сув хўжалиги вазирлигининг 2023-йил 16-августдаги 03/37-2603 -сонли маълумотномаси). Натижада гидравлик схемаларини кўллаш асосида ўзани тозалаш ишлари самарадорлиги ортиб, йилнинг сув кам бўлган даврларида оқимни сув олиш каналига йўналтириш имконияти яратилди.

гидравлик ва дала тадқиқотлари асосида кам сувли даврларда дарёдан тўғонсиз сув олиш соҳасида оқимнинг дарё тубининг шакли ва ўзан жараёнлари билан боғлиқлари Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Карши магистрал каналдан фойдаланиш бошқармаси томонидан амалиётга жорий қилинган. (Сув хўжалиги вазирлигининг 2023-йил 16-августдаги 03/37-2603 -сонли маълумотномаси). Натижада кафолатли сув олишни таъминлаш учун сув олиш жойига энг яхши оқим ёндашувини ишлаб чиқиш имконияти яратилган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари 5 та халқаро ва 6 та республика илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 42 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 28 та мақола, жумладан 12 таси республика ва 16 таси хорижий журналларда нашр этилган, 3 та ЭХМ дастурига гувоҳнома олинган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, бешта боб, умумий хулосалар, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 191 бетни ташкил қилади.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

Диссертациянинг **кириш** қисмида Ўзбекистонда ва жаҳонда ўтказилган илмий 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 натижалари 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 келтирилган.

Диссертациянинг **“Оқимнинг беқарор ҳаракатида дарё ўзанида содир бўладиган деформацион жараёнлар ва методикасини ўрганилганлик ҳолати”** деб номланган биринчи бобида тўғонсиз сув олувчи иншоотлари ва улардаги муаммолари ўрганиш натижалари, оқимнинг беқарор ҳаракатида дарё ўзанида содир бўладиган ўзан жараёнлар ва усулларини ўрганилганлик даражаси, тўғонсиз сув олишда мавжуд усулларни ва хорижий ва маҳаллий олимларнинг тадқиқот ишлари тахлили, шунингдек диссертация иши мавзуси доирасида муаммолар ечимига асосланган тадқиқот ишининг мақсад ва вазифалари келтирилган. Бундан ташқари ушбу бобда дарё оқизикларининг узунлик ва чуқурлик бўйлаб тақсимотини ҳисоблаш, ўзан жараёнлари ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқиш, тўғонсиз сув олиш соҳасида оқимнинг ҳаракатини математик моделларини ишлаб чиқиш, дарё ўзан жараёнларини математик ва физик моделлаштириш, очиқ ўзанларда оқимни беқарор ҳаракатида чўкиндиларни ташишда содир бўладиган гидравлик ва ўзан жараёнлари муаммолари ўрганилган.

Дарё ўзанлари муҳандислик иншоотлари ўзаро таъсиридан келиб чиқадиган гидродинамик ходисаларнинг амалий ечимлар ҳозирги пайтгача муаммолигича қолмоқда. Бу масаланинг амалий аҳамияти оқизиклар фракцион таркибий қисмининг ўзгариши, лойқа оқизикларнинг ўзан кенглиги ва чуқурлиги бўйича тақсимланишини инобатга олган ҳолда ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқиш зарурлиги олиб борилган тадқиқотларда қайд этилган. Маълумки, тўғонсиз сув олишда асосий масала истеъмолчига белгиланган гидрограф асосида кафолатли сув ҳажмини етказиб беришдан иборат бўлади. Сув олиш жараёнида сув оқимининг гидродинамик

характеристикаларида ўзгаришлар юз беради. Бу ўзгаришлар ўз навбатида дарё ўзанининг морфометриясига ўз таъсирини кўрсатади. Сув оқими ва ўзан туби оқизиклари орасидаги боғланиш қонуниятларини аниқлаш, тўғонсиз сув олиш иншооти соҳасида ўзандаги жараёнлар характерини аниқлаш имкониятини беради. Тўғонсиз сув олиш шароитларини яхшилаш учун тубда оқадиган чўкиндилар ҳажмини энг кам миқдорда бош иншоотга олиб кирувчи конструкцияни ишлаб чиқиш ва оқимнинг гидравлик параметрларини аниқлаш зарур.

Маълумки очик ўзанларда оқимнинг беқарор ҳаракатини, унинг ўзан жараёнлари кўринишидаги оқибатларини ва муҳандислик гидродинамикасидаги кўплаб физик ҳодисаларни ўрганишда кўпинча иккита усул яъни математик ва физик моделлаштириш усуллари қўлланилади. Экспериментал тадқиқот ва моделлаштириш усулларининг мақсади гидротехника амалиётида сарф харажатларни оптималлаштириш ва атроф-муҳитга экологик зарар етказмайдиган ишончли ва хавфсиз муҳандислик қарорларнинг таъминлашдир. Кўпгина тадқиқотлар шуни кўрсатадики, сонли моделлаштиришдан фойдаланиш нафақат физик моделлаштиришга қараганда бир неча барабар арзон ва тезроқ, шунингдек анъанавий усуллар ёрдамида моделлаштириш мумкин бўлмаган жараёнларни моделлаштириш имконини беради. Сонли моделлаштиришни ривожлантиришга Россия Фанлар академияси тизимида, АҚШ Колорадо университетида, Австрия Вена университети, Санкт Петербург политехника университети, Москва давлат қурилиш университети, шунингдек бошқа илмий-тадқиқот институтларида фаолият юритадиган олимлари катта ҳисса қўшдилар. Гидродинамик жараёнларни моделлаштириш бўйича дастурлар тўпламини яратишда Россиялик олимлар бўлган В.М.Прудовский, А.Н.Милитеев, В.М.Ляхтер, Б.Л.Историк, Г.Л.Гладковларнинг тадқиқотлари маълум даражада ўз натижаларини берган. Бундан ташқари Республикамиз ва чет элда дарё ўзанлари гидравликасида математик моделлаштириш ва сонли тадқиқотлар олиб боришда J.A. Kunj, F.M. Holly, A. Verwey, B.K. Дебольский, B.B. Беликов, Д.Р.Базаров, А.М.Арифжанов, С.И.Худойкулов ва бошқаларнинг илмий тадқиқот ишлари амалиётга қўлланилиб келинмоқда. Ишлаб чиқилган бир ва икки ўлчамли Сен Венан тенгламаларнинг сонли ечимларга эга дастурлар тўплами гидротехника иншоотларини ҳисобга олган ҳолда узоқ масофали сув ҳавзаларини мураккаб батиметрия ва пландаги кўринишга эга, жумладан ўзан жараёнлари ҳисоблаш имконини беради.

Мавжуд моделлаштириш усуллари таҳлил қилиш бобда шундай хулоса қилиш имконини берадики, ушбу усулларни қўллаш орқали олинган натижалар, бу натижаларни дала тадқиқот маълумотлари билан таққослаш, ягона тўпланда математик моделлаштиришни тавсифловчи тенгламаларга эга бўлиш, ўзан жараёнларини тавсифловчи дастурларни ишлаб чиқиш бўйича тадқиқотлар олиб бориш кейинги ўн йилликларда муҳим рол ўйнайди.

Тўғонсиз сув олишда чўкиндиларнинг режимини таклиф қилинаётган конструкциялар учун назарий ва экспериментал тадқиқотлар асосида ишлаб чиқиш илмий тадқиқот ишининг асосий мақсадини ташкил қилади.

**“Очиқ ўзанларда оқимнинг беқарор ҳаракатини моделлаштиришда фойдаланиладиган гидродинамик тенгламалар”** деб номланган иккинчи бобида сув оқимининг беқарор ҳаракатида бир ва икки ўлчамли гидродинамика тенгламалари, оқимнинг беқарор ҳаракати икки ўлчамли математик модели, қўлланилиш соҳалари ва сонли тадқиқотлар натижалари келтирилган.

Ушбу бобда очиқ ўзанлар учун бир ўлчамли ва икки ўлчамли (планли) математик моделлари ва сонли алгоритмлари, шунингдек ўзан-қайирда оқимнинг икки ўлчамли модели батафсил келтирилган. Асосий эътибор тузилмаган учбурчак ва учбурчак-тўртбурчак тўрларда амалга оширилган икки ўлчовли сонли алгоритмларга қаратилади. Ушбу алгоритмлар ва дастурлар кўплаб аниқ объектларнинг компютер моделларини яратиш учун ишлатилган.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( QU + \frac{1}{2} \int_{Y_{чан}}^{Y_{ўнг}} h^2 dy \right) = gi\omega - \lambda \frac{Q^2}{\omega R} + F \quad (1)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} \Big|_{z_{туб}} = const + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \omega S}{\partial t} + \frac{\partial QS}{\partial x} = -K(S - S_H) \quad (3)$$

$$\left( 1 - p \frac{\partial \omega}{\partial t} \Big|_{z=const} \right) = -K(S - S_H) \quad (4)$$

бунда:  $Q$  – ўзанда ҳаракатланаётган икки фаза (сув + қаттиқ жисм заррачалари нанослар) оқимнинг сарфи;  $t$  – вақт;  $U = Q/\omega$  – оқимнинг ўртача тезлиги;  $\omega$  - оқимнинг ҳаракатдаги кесим юзаси;  $g$  – эркин тушиш тезланиши;  $Y_{ўнг}$ ,  $Y_{чан}$  - мос равишда ўзан чап ва ўнг қирғоқларининг сув оқими билан туташган чизиғи координаталари;  $h = z - z_{туб}$  – оқим чуқурлиги;  $z$  – сув сатҳи баландлиги белгиси ( $Y$  координатага боғлиқ эмас);  $z_{туб}$  – ўзан туби белгиси,  $i = \sin\alpha \approx \alpha$  - оқим ўқининг  $Ox$  горизонтал текисликка нисбатан қиялиги ( $\alpha$  - улар ўртасидаги бурчак);  $\lambda$  – гидравлик ишқаланиш коэффиценти;  $R = \omega/\chi$  – гидравлик радиус;  $\chi$  – ҳўлланган периметр;  $F$  – ўзаннинг нопризматиклигини ҳисобга олувчи зичликка нисбатан бирлик узунликка мос келувчи солиштирма куч;  $q$  ён томонлама оқимнинг солиштирма сув сарфи  $S$  – нанос заррачаларининг оқим таркибидаги ҳажмий миқдори;  $S_H$  - оқимнинг ташувчанлик қобиляти;  $K$  -ўзан тубидаги нанослар ва оқим ўртасидаги алмашинув жадаллигини қўрсатувчи коэффицент;  $p$ -грунт ғоваклиги. (грунт таркибидаги бўшлиқликларни шу грунтнинг табиий ҳажмига нисбати).

Бу тенгламалар системасини ечиш ва қулай шаклга келтириш учун унинг дивергент шаклига келтириш керак. Бунинг учун тенгламалар системасини алоҳида кўриб чиқиб, уларнинг мантиқан моҳиятини кам ўзгартирадиган, лекин амалиёт учун керакли натижа бериб, кўринишини сақлаб қолиш имкониятини мавжуд бўлган айрим чекланишлар қабул қилинади. Факатгина оқим бир ўлчамли бўлганда, яъни кўндаланг қирқим бўйича тезлик бир хил ва кўндаланг йўналиш бўйича сув сатҳини инобатга олиш керак бўлади.

Икки ўлчамли компьютер моделлар сифатида сув оқимининг ҳаракатини ифодаловчи моделни қуйидаги кўринишдаги ифодалаш мумкин:

$$\frac{\partial Q_i}{\partial t} + \frac{\partial Q_j U_j}{\partial x_j} + gh \frac{\partial z}{\partial x_i} = -\lambda Q_i \frac{|U|}{2h} - gh \frac{\partial z_\partial}{\partial x_i} \quad (i, j = 1, 2) \quad (5)$$

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial Q_i}{\partial x_i} = 0 \quad (6)$$

$$(1 - p) \frac{\partial z_\partial}{\partial x_i} + \frac{\partial q_i^{(s)}}{\partial x_i} = 0 \quad (7)$$

$$q_i^{(s)} = U_i + hs + D \frac{\partial z_\partial}{\partial x_i} \quad (8)$$

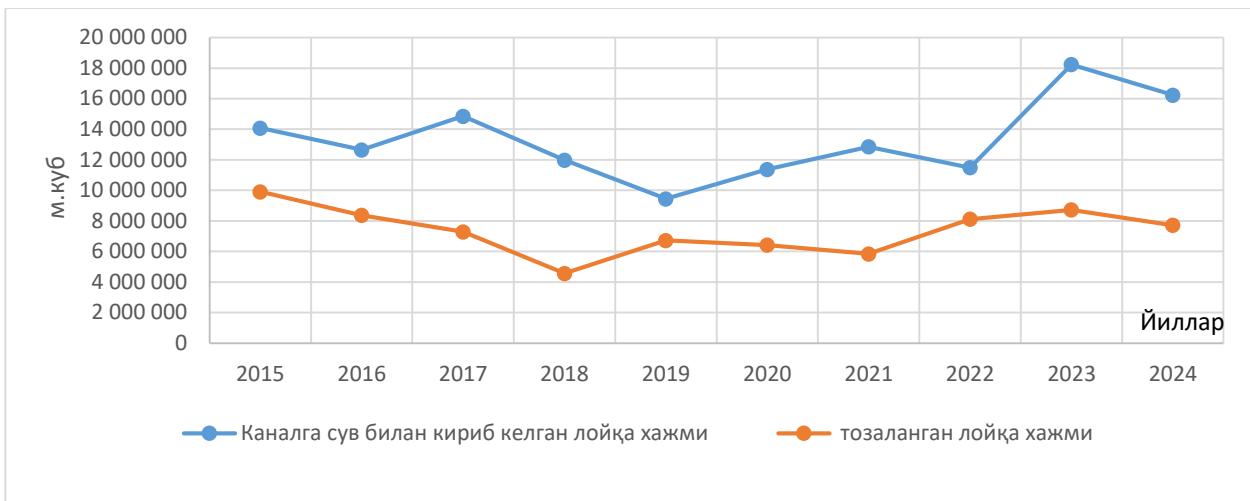
$$D = a_q hs |U| \left( 1 - \frac{0,67 \alpha_w a_s |U|}{w(\alpha_b + \alpha_w |U|)/w} \right) \quad (9)$$

бунда:  $Q_{i,j}$  – солиштирма сув сарфи векторлари ташкил этувчилари;  $U_{i,j}$  – оқимнинг чуқурлик бўйича ўрталаштирилган тезликлари,  $x_i$  – ўзаннынг пландаги координаталари;  $z$  – оқим сатҳи баландлиги белгиси;  $z_b$  – ўзан туби белгиси;  $h$  – чуқурлик;  $\lambda$  – гидравлик ишқаланиш коэффициенти;  $a_q, a_s, a_w, a_b$  – тузатиш коэффицентлари. Тубда сурилиб ҳаракатланаётган нанослар учун:  $\alpha_q \approx 3,3, a_s \approx 0, a_w \approx 0,01, a_b \approx 0,24$ . Оқим таркибидаги муаллақлашган нанослар учун:  $\alpha_q \approx 3,3, a_s \approx 1,49, a_w \approx 0,04, a_b \approx 0,24$ ;  $q_i^{(s)}$  – наносларнинг солиштирма сарфи,  $p$  – ўзан ўтадиган грунт ғоваклиги;  $D$  – оқимнинг диффузиясини характерловчи коэффицент.

Ушбу икки ўлчамли компьютер моделини асосини Сен-Венан тенгламалари системаси ташкил қилади. Бу модел ўзан қирғоқлари ва тубининг деформацияланишини (ювилиш ва лойқа босиш) бир вақтнинг ўзида ҳисоблаш имконини бериб, оқимнинг гидродинамик параметрларини ўзгаришини бошқа моделларга нисбатан тўлиқроқ инобатга олиш имкониятини беради. Иккинчи бобда тўғонсиз сув олишда дарёда ўзан жараёнларини башорат қилишда проф. Д.Р. Базаров ва проф. А. Н. Милитеев томонидан ишлаб чиқилган бир ўлчовли ва икки ўлчовли математик моделнинг қўлланилиши натижалари таҳлил қилинди.

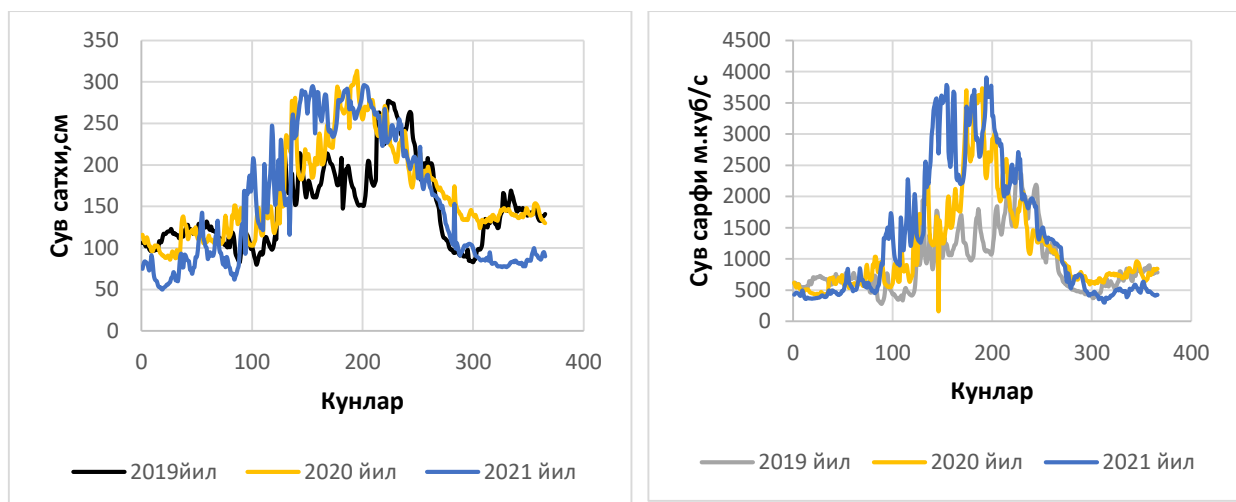
Диссертациянинг **“Қарши магистрал каналига тўғонсиз сув олиш соҳасининг ҳозирги ҳолати ва бош иншоотнинг эксплуатацион режими”** деб номланган учинчи бобида КМК га сув олиш ҳудудида мавжуд эксплуатация муаммоларини аниқлаш мақсадида олиб борилган тадқиқот натижалари келтирилган.

Амударёдан КМКга сув олишда канал бош қисмининг тез лойқаланиши ва чўкиши туфайли қийинчиликлар юзага келади. Сувнинг таркибига қараб, каналнинг кириш қисмига ҳар йили лойқалиги 5-8 кг/м<sup>3</sup> гача бўлган оқим киради. Йиллик чўкинди миқдори 8 дан 12 миллион тоннагача бўлади (1-расм). Ўзан қайта шаклланиши таҳлиллари шуни кўрсатадики, Амударёнинг асосий ўзанининг ўзгариб туриши, сув олишнинг кўпайиши, дарёда ҳаддан ташқари лойқа оқизиқлар кўпайиши натижасида сув олиш трассаси остига чўкиндилар йиғилади. Бу канал тубининг чуқурлашишига ва кўтарилишига олиб келади. Кўпгина ҳолатларда оқимнинг жадал оқиши ҳамда лойқа чўкиндиларни сув олиш каналининг ўнг қирғоғига ташланиши оқимнинг чап қирғоққа силжишига қисман таъсир кўрсатади.



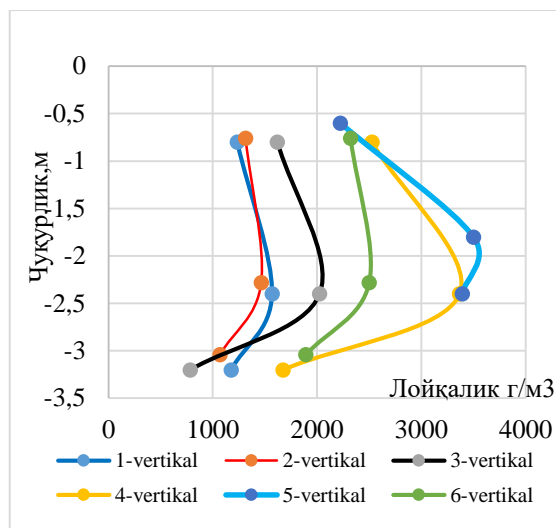
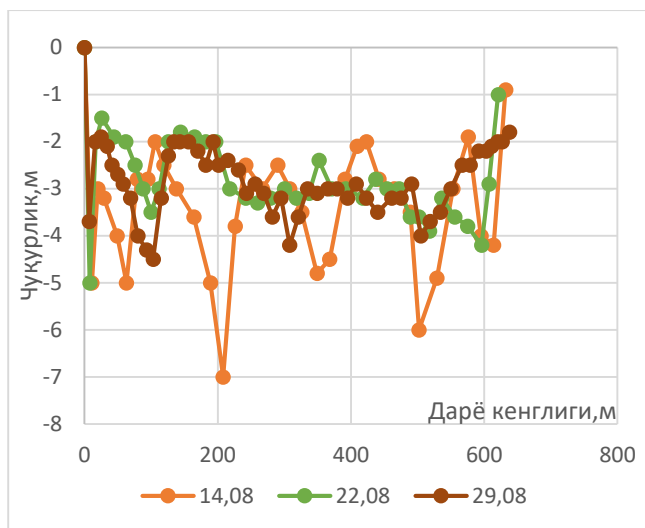
**1-расм. Йиллар бўйича ҚМК участкасида кириб келган лойқа ва тозалаш ҳажми**

Амударёнинг ҚМК сув олиш жойидаги муҳити бир вақтнинг ўзида бир хил сув сарфига мос келмайдиган гидравлик характеристикалар билан тавсифланади. Бир хил сув сатхи баландликларида сув сарфлари бир-биридан тахминан 2 баробар фарқ қилиши мумкин, шу билан бирга, сув сатхининг ўзгариши эса  $\pm 0,6$  м гача бўлиши мумкин (2-расм).



**2-расм. Керки сув ўлчаш постидаги ўртача кунлик сув сатхлари ва сарфлари ўзгариши**

Бу сув сатхи баландликларида сув сарфлари бир-биридан катта фарқ қилиш ўзанининг жудаям беқарорлиги ва юқори ҳаракатчанлиги, қисқа вақт ичида каналнинг катта ўзан жараёнлари содир бўлиши мумкинлиги билан изоҳланади. Дарёнинг гидравлик режими оқимнинг тезлиги, чуқурлиги ва кенглигини сезиларли даражада қайта тақсимланиши билан изоҳланади. Уларнинг ўрта оқим қисмида ўзгаришлар динамикаси: максимал тезликлар 1-5 м/с, ўртача тезликлар 0,3-2,5 м/с, максимал чуқурлик 2-12 м, ўртача 1-5 м, кенглиги 150-2000 м, нишаблиги 0,00018-0,00032 ташкил қилади. Оқимнинг энг юқори тезлиги ва чуқурлиги оқимнинг марказида, табиий ва сунъий оқим сиқилган жойларида ва Пулизиндан қояси қирғоғи яқинида (ўзаннинг эгилишида) кузатилади (3-расм).



**3-расм. КМК тўғонсиз сув олиш ҳудуди ўзани тубининг ўзгариш динамикаси**

**4-расм. Танланган створдаги вертикалларда лойқаликни чуқурлик бўйича ўзгариши**

Олинган лойқа оқизиклар намуналарининг таҳлили Туркменистондаги КМК лабораториясида ўтказилди (4-расм). Унга кўра қуйидаги фракцияларнинг оғирлиги бўйича % билан тавсифланди:  $d > 0,25$  мм ( $W > 26$  мм/с),  $d = 0,25 - 0,05$  мм ( $W = 26 - 2$  мм/с),  $d = 0,05 - 0,015$  мм ( $W = 2 - 0,2$  мм/с),  $d = 0,016 - 0,005$  мм ( $W = 0,2 - 0,02$  мм/с),  $d < 0,005$  м ( $W = 0,02$  мм/с).

Амударёга хос бўлган қирғоқларнинг шиддатли ювилиш кутилмаган оқибатларга олиб келади, яъни яқин атрофдаги экин майдонлари ва аҳоли пунктларининг ювилиши, тўғонсиз сув олишни қийинлашишига олиб келади. Дарёдаги ўзан жараёнлари учун КМК сув олиш соҳасида дала тадқиқотлари натижаларига кўра, дарё қирғоғининг ювилиши жадаллиги, ўпирилиш бурчагига ва оқимнинг гидравлик элементларига қараб қўйидагича аниқланди:

$$S = 4.6 \left( 1 - \frac{V_2^{1.5}}{V_1^{1.2}} \right) \cdot \rho_1 \cdot V_1 \cdot \sin \alpha_1 \text{ М/кун}$$

бунда:  $V_1, V_2$ - дарё қирғоғига яқин бўлган створдаги ўртача оқим тезлиги;  $\rho_1$  - дарё қирғоғига яқин бўлган створдаги сувнинг лойқалиги;  $\alpha_1$  - оқим йўналишининг бурчаги (ўпирилиш бурчаги).

Гидравлик оқим элементлари билан 2021-йил 7-июлдан 23-сентябргача чап қирғоқнинг ўртача суткалик ювилиш жадаллиги қуйидагича аниқланди: ўртача тезлик  $v = 0,72$  м/с; ўртача чуқурлик  $h = 2,2$  м; лойқалик  $\rho = 2,65$  кг/м<sup>3</sup> ва оқимнинг қирғоққа қиялиги  $\alpha = 30^\circ$ . Ўтказилган кузатишлар натижалари шуни кўрсатадики, кузатувлар даврида деформация (ювилиш) жадаллиги 1,17 м дан 4 м/кунни ташкил қилди.

КМКда сув олиш шароитларини яхшилаш ва каналнинг кафолатланган режали оқим сарфини ошириш учун каналнинг кириш қисми яқинида Амударёнинг катта чуқурликларни сақлаб туриш, шунингдек ўрта оқимда ўзани ростлаш ишларини тизимли равишда амалга ошириш зарур бўлади.

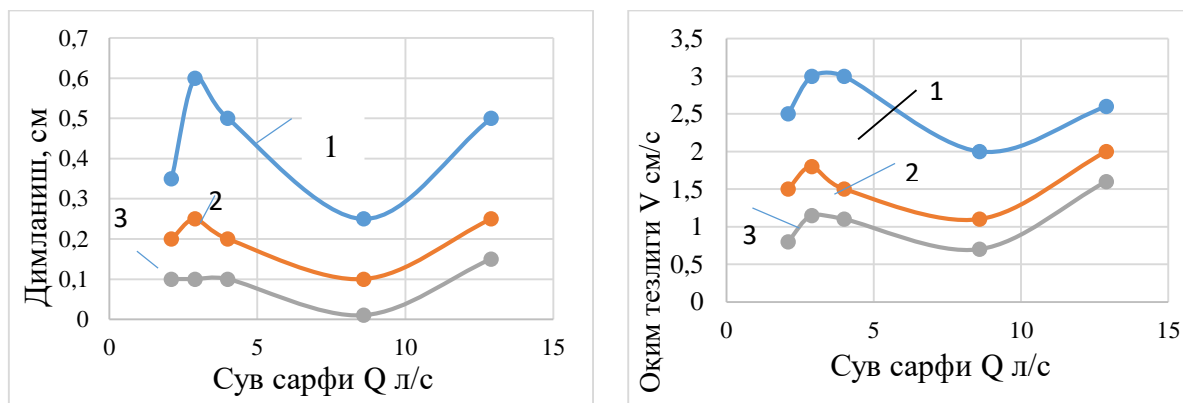
Диссертациянинг “КМКга тўғонсиз сув олишда оқимнинг беқарор ҳаракатини ўрганиш бўйича экспериментал тадқиқотлар натижалари”



деб номланган тўртинчи бобида Қарши магистрал каналига кириш ҳудудида Амударё оқимини ўрганиш бўйича экспериментал тадқиқот натижалари, каналга кириш қисмида сув сатҳини максимал даражада ушлаб туриш ва ўзан туб чўкиндиларини сув олиш каналига кирмасдан ўтишини таъминлаш вариантлари келтирилган.

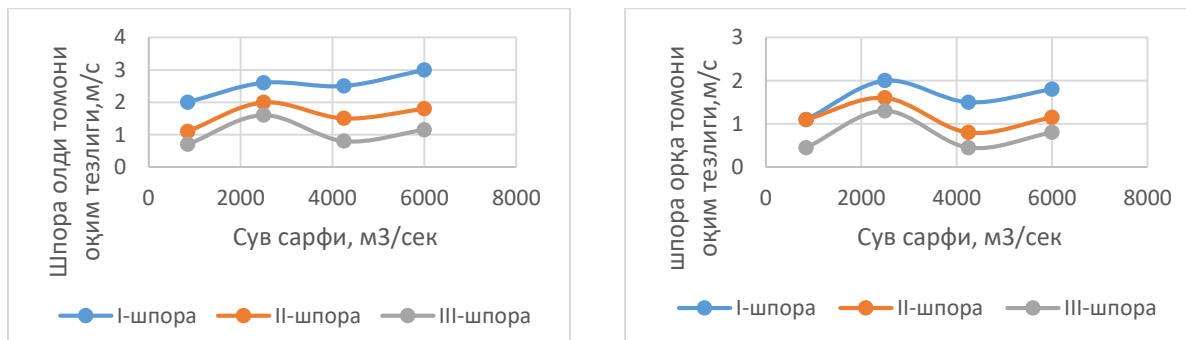
Экспериментал тадқиқотлар 3 босқичда ўтказилди ва оқимнинг гидравлик параметрлари аниқланди. 1 босқичда оқимни бошқарув иншоотларини қўллаш, 2 босқичда тадқиқотлар тўғонсиз сув олишда пионер хандак бўйича оқимни йўналтириш, 3 босқичдаги тадқиқотлар сув олиш ҳудудида ўзан жараёнлари содир бўлиши бўйича олиб борилди.

Экспериментал тадқиқотлар **1 босқичида** ҳимоя бошқарув иншоотлари ёрдамида келаётган оқимга нисбатан турли бурчакларда ва бир-бирига параллел равишда жойлаштирилди. Дамбаларнинг узунлиги ва улар орасидаги масофани шундай қабул қилинганки, юқори оқим тезлигида қолган канал кенглиги дарё ўзанининг тартибга солинган барқарор кенлигига тенг бўлади. Учта оқим йўналтирувчи дамба тизим канални торайтириб, оқимнинг ўнг томонга, сув олиш иншоотининг бош томон бурилишини таъминлади. Оқим йўналтирувчи дамба тизимлари орқасидаги тезлик нолга тенг бўлмаган қийматгача пасайган (4-расм).

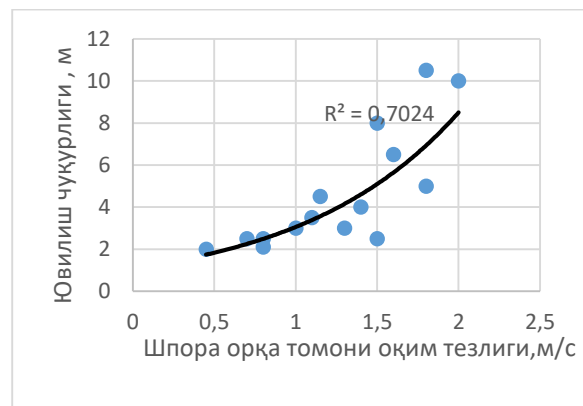
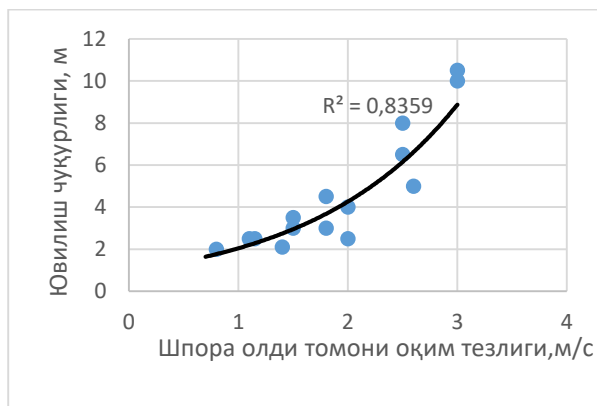


**5-расм. Оқим йўналтирувчи шпоралар таъсирида оқим тезлиги ва сарфи қийматининг ўзгариш динамикаси**

Тадқиқотлар давомида асосий оқимнинг кўндаланг димланиш ҳосил бўлган ва унинг таъсир зонасида сув сарфи ва тезлиги пасайди. Натижада лойқа чўкиндилар чўкиши содир бўлиб, оқимнинг бир қисми чап қирғоққа сурилди (5-расм).



**6-расм. Автомодел соҳадаги оқим йўналтирувчи шпоралар таъсирида оқим тезлиги ва сарфини ўзгариши**



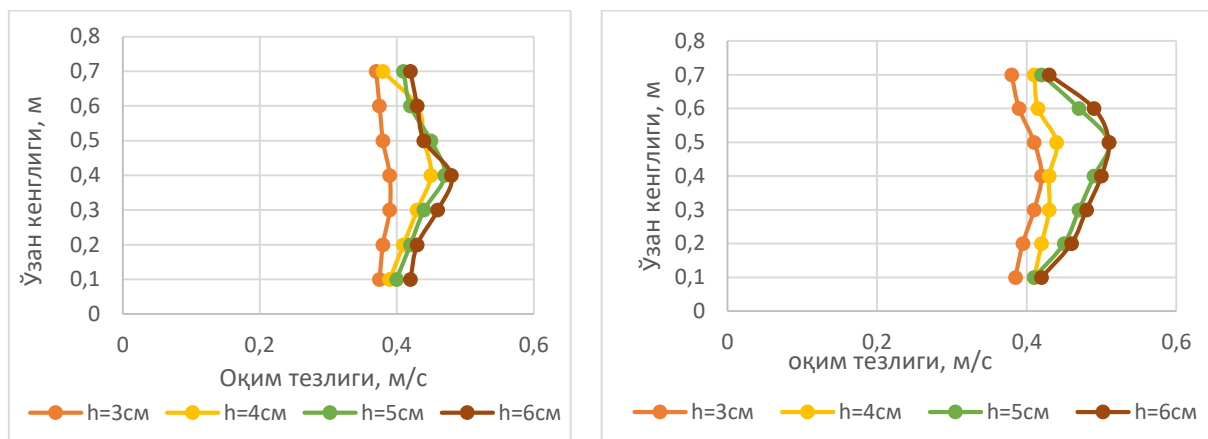
**7-расм. Автомодель соҳадаги оқим йўналтирувчи дамба таъсирида оқим тезлиги ва ювилиш чуқурликлари**

Шпораларни узунлигини танлаш учун дастлабки ҳисоб-китоблар М.Р.Бакиев, И.Я. Орлова ва С.Т.Алтуний методлари бўйича қабул қилинди. Шунингдек Р.Уркинбаев, Д.Р.Базаров методикаси бўйича тадқиқотларни моделлаштиришда гравитацион ўхшашлик мезони сақланган ҳолда Рейнольдс сони автомобиль соҳадаги қийматларига мос келиши таъминланди. Натижада, берилган кенглик шкаласида ювилувчи дарё тубини моделлаштириш тамойилининг барча талабларига жавоб берадиган вертикал масштабнинг оптимал қийматлари горизонтал бўйича 1:500 ва вертикал бўйича 1:40 қийматлари аниқланган. Енгил ювилувчи ўзанларда шпорларни аниқ тасвирлаш мумкин эмаслиги сабабли, тахминий моделлаштириш усулидан яъни оқимнинг ўрталашган гидравлик элементларни ўзгариши кўра ҳисоблар олиб борилди. Шпоралар таъсирида сиқилган участкада тезликни аниқлашда, сув оқимининг максимал тезлиги 0,1% таъминланганликда келиб чиққан ҳолда,  $v = 3,0$  м / сек деб қабул қилинди (6,7-расм).

Шпорлар ўрнатишда чўкиндиларнинг чўкиши, шпораларнинг ўлчами ва қаршилиги таъсирида ўзаннинг туби ва шу билан бирга сув сатҳи кўтарилди. Бундай ҳолда, оқимнинг ўнг томонга оғиши дарҳол содир бўлмади, вақт давомида ҳар бир шпораларнинг таъсирида содир бўлди. Учта шпоранинг биринчиси дарё оқимининг тахминан 10% ни, иккинчиси тахминан 15% ни ва учинчиси тахминан 20% ни бошқариши кузатилди. Натижада, бутун оқим қарама-қарши қирғоққа йўналтирилди.

Экспериментал тадқиқот ўтказишлар **2 босқичида** яъни пионер хандак бўйича оқимни йўналтиришда давомида дастлаб тўғри ва эгри ўзанда оқим элементлари бўлган чуқурлик, оқим тезлиги ва шу асосида сув сарфлари ўзгариши бўйича ўлчов ишлари олиб борилди. Экспериментал тадқиқотлар сув сарфининг ўзгариши  $Q = 9-25$  л/с гача сув сарфи,  $v = 0,38-0,51$  м/с гача оқим тезлиги ва оқим чуқурлиги  $h = 3-6$  см гача бўлган қийматларда назорат ўлчов қурилмаси орқали амалга оширилди. Оқим чуқурлиги 3 см ва сув оқими тезлиги 11,04 л/с бўлган биринчи оқимдаги максимал оқим тезлиги 0,385 м/с ни ташкил этди. Иккинчи участкада максимал оқим тезлиги 0,39 м/с га ўзгарди

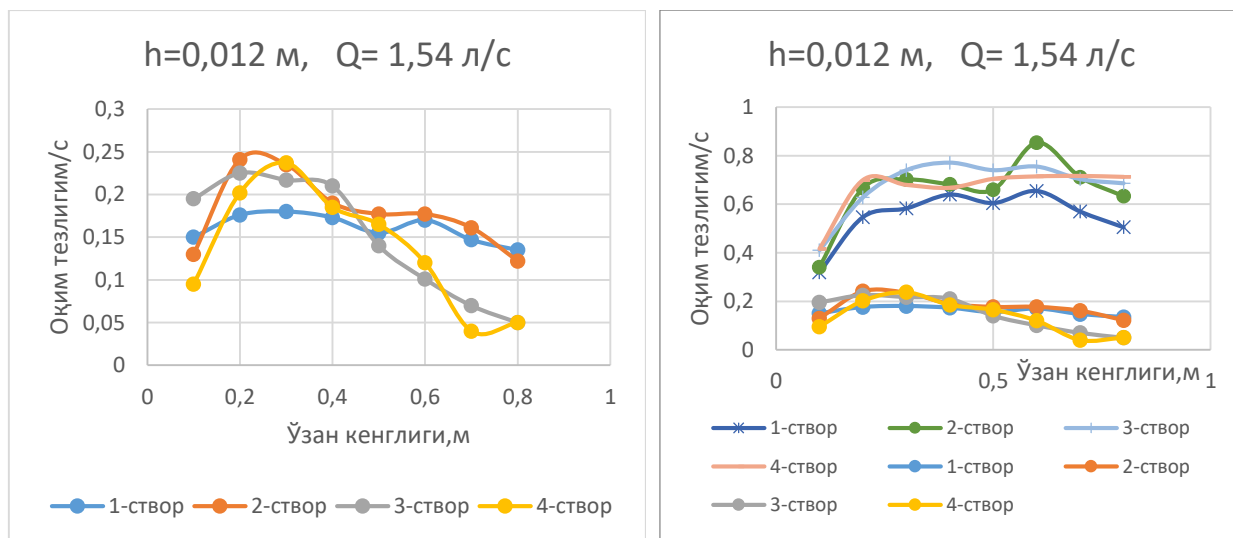
ва сув сарфи 10,89 л/с ни ташкил этди. Бирок, сув олиш каналининг таъсирига яқин бўлган ҳудудда оқим тезлиги пионер хандак кенглигига қараб ҳар хил қийматларга эга бўлди.

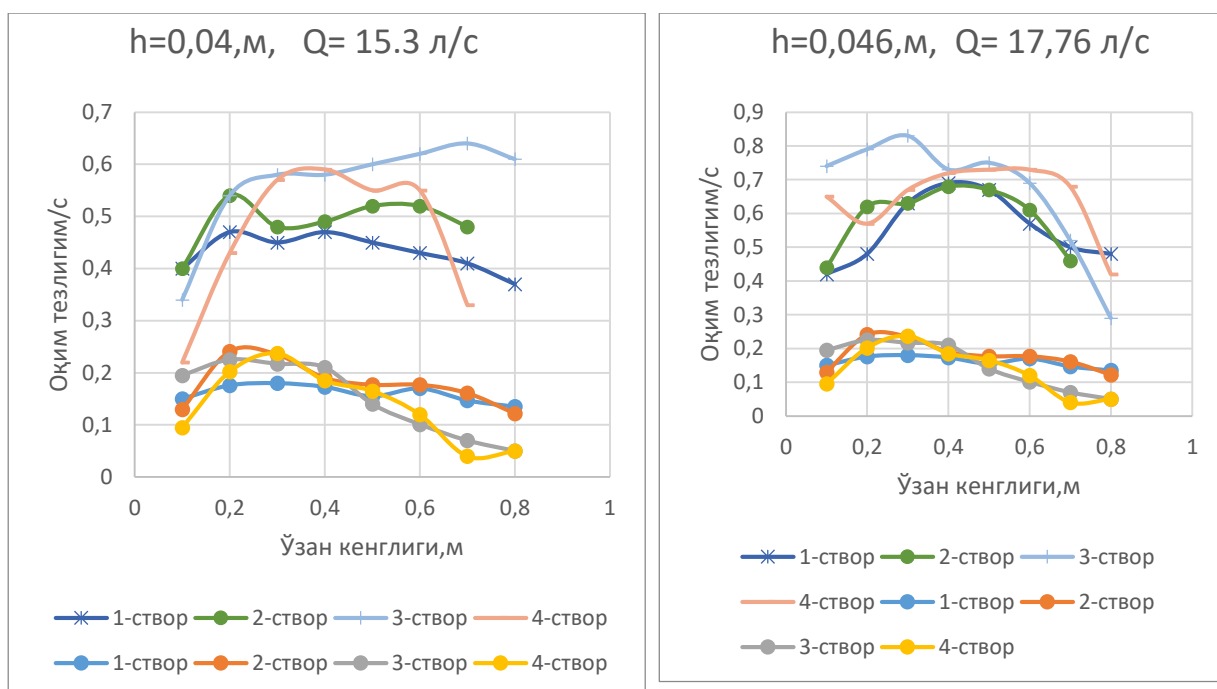


**8-расм. Экспериментал тадқиқотларнинг 2-боскичида пионер хандак 30° бурчакда жойлашганда оқим тезлиги ўзгаришлари**

Экспериментал тадқиқотлар дозатор ёрдамида лойқа чўкиндиларни аралаштирилиб ўтказилди. Лойқа бўлмаган шароитларга нисбатан оқим йўналиши ва тезлигида сезиларли фарқлар кузатилди. Унга кўра, лойқалик ҳолатида сувнинг 3 см чуқурлигида сув сарфи 9,12 л/с ни ташкил этди (8-расм). КМК тўғонсиз сув олиш каналига сувнинг узлуксиз оқиб боришини таъминлаш мақсадида 30°, 45° ва 60° намунали бурчакларда пионер хандак ўрнатиш орқали тажрибалар ўтказилди. Учта ҳолатда ҳам сув чуқурлиги 3 см дан 6 см гача оширилди.

Экспериментал тадқиқотларнинг 3-боскичида пастки бьефда сув оқимининг турли тезликларида оқим чуқурлигининг ўзгариши ўрганилди. Тадқиқот давомида тўғонсиз сув олиш жойидан 200 см масофада пастда жойлашган 4 та участкада чуқурлик ва оқим тезлигининг ўзгариши кузатилди.





**9-расм. Экспериментал тадқиқотларда оқим тезлигини кенглик бўйича тақсимланиши**

Кузатишлар давомида 4 та створда чуқурлик бўйича сув оқимининг ўзгариши графиклари тузилди. Сув оқимининг ўзгариши тартибга солувчи лойиҳа билан таъминланди. Экспериментал тадқиқотлар  $Q = 1-18$  л/с, сув оқими тезлиги  $v = 0,1-0,8$  м/с гача, оқим чуқурлиги  $h = 0,5-5$  см бўлган ҳолларда ўтказилди (9-расм).

Амударёнинг тўғонсиз сув олиш қисмининг пастки бўёфида ўтказилган тажриба ва дала тадқиқотларини солиштиришларга маълум бўлдики, чуқурлик ва янги ўзан жараёнлари натижасида катта ўзгаришлар содир бўлади. Ушбу участкаларда дарёнинг асосий қисми кенг ўзанга эга эгри оқимни ҳосил қилади (9-расм).

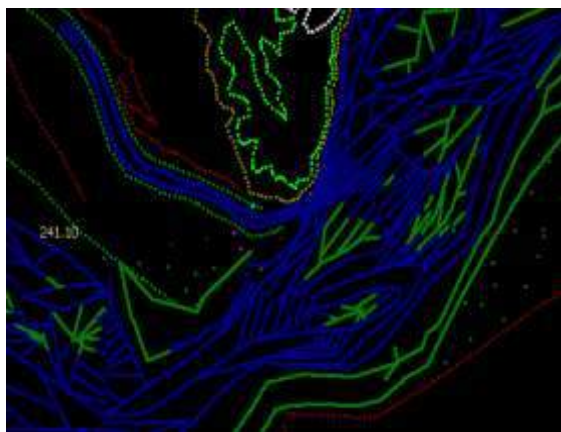


**9-расм. Ўзан ювилишини аниқлаш бўйича экспериментал тадқиқотлар қурилмаси**

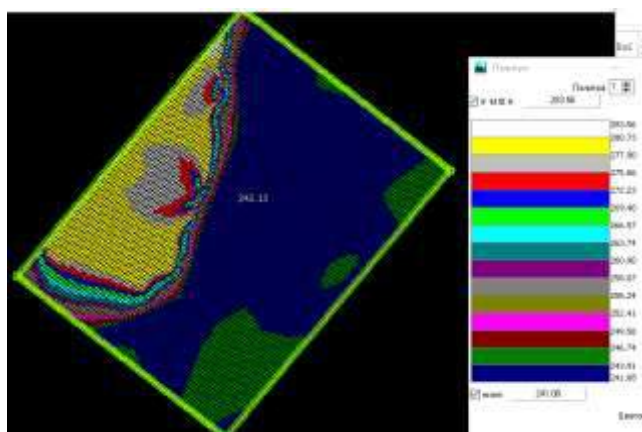
Экспериментал тадқиқотлар натижасида эгри ўзанли каналларда қирғоқларнинг ювилиш соҳалари (оқимларнинг шаклланиши) аниқланди ва уларни ювилишдан ҳимоя қилиш усули такомиллаштирилди. Ювилиш

контури бўйлаб ҳимоя қилиш, пастки бўёфни чап қирғоғини тошлар билан тўлдириш орқали мустаҳкамлаш бўйича тадқиқотлар олиб борилди.

Диссертация ишининг “Амударёдан тўғонсиз сув олиш соҳасида ўзанида оқимнинг беқарор ҳаракатини ўрганиш бўйича сонли тадқиқот натижалари” номли бешинчи бобида Амударёнинг КМК тўғонсиз сув олиш соҳасида сув оқимининг икки ўлчамли гидродинамика тенгламалари асосида математик моделнинг қўлланилиши бўйича сонли тадқиқотлар натижалари келтирилган. Амалга оширилган сонли тадқиқотлар доирасида тўғонсиз сув олиш соҳасида маълум вақт оралиғида ва ўтишларда оқимнинг тақсимланиши (сув сатхи ва сарфи), ўрталашган чуқурликдаги тезлик ва лойқа оқизиклар векторлари ўрганилди.



10-расм. Қайта тикланган рельефнинг бўлаги



11-расм. Тўр катакларининг марказларига интерполяция қилинган рельеф, моделлаш тирилган майдон чегараси

КМК сув олиш соҳасида гидродинамик моделлаштириш, объект жойлашган худуднинг рельефини математик моделини куриш учун топографик хариталар ва сунъий йўлдош тасвирлари, топографик съёмка материаллари, Амударёнинг кўнланг кесими бўйича ўлчанган маълумотлар ва бошқа материаллардан фойдаланилди. Рельеф моделини тайёрлашда биз манбаларнинг ягона координатаметрик тизимида тўпланган рельеф маълумотларидан фойдаландик. (10-11 расм).

Сен-Венан дифференциал тенгламасини интеграллаш билан боғлиқ мураккаб математик масалалар дарё ўзанларида сув оқимининг ҳаракатини белгиловчи параметрларни аниқлашда фойдаланилади. Ҳозиргача уч ўлчовли моделлаштиришнинг тўлиқ ечимини ҳал қилиш учун самарали алгоритмлар деярли мавжуд эмас. Шунинг учун икки ўлчамли моделлаштиришда масштабни қуйидагича келтириш мумкин:

$$M_L = L_n^2 T,$$

бунда  $L_n$  -чизиқли масштабнинг планда кўриниши бу ерда  $h$  -оқим чуқурлиги.

$$T = \frac{L_n}{U}$$

$U$  -қуйидаги шарт бажарилганда оқим тезлигини характерли кўриниши, шунингдек

$$\frac{\rho_{\max} - \rho_{\min}}{\rho_{\max} + \rho_{\min}} \ll 1$$

Гидродинамиканинг умумий тенгламалари ёзилади:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_i \rho}{\partial t} + \frac{\partial u_i u_j \rho}{\partial x_j} + \frac{\partial \rho}{\partial x_i} &= \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + g_i \rho \\ \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial u_i \rho}{\partial x_j} &= 0; \quad \frac{\partial S_r}{\partial t} + \frac{\partial S_r u_j}{\partial x_j} = q_{S_r} \end{aligned} \quad (10)$$

$$\rho = f(S_r); \quad i = 1, 2, 3,$$

бунда  $u_i - x_i$  бўйича ҳақиқий тезлик векторининг проекцияси,  $p$  - гидродинамик босим,  $\tau_{ij}$  - жисмоний силжиш кучланишлари тензорининг компоненти,  $\rho$  - зичлик,  $g_i$  - эркин тушиш тезланиши векторининг компоненти  $q_{S_r}$  - Нютон суюқлиги учун моддаларнинг ташкил этувчилари  $S_r$  - зичликни аниқлашда фойдаланилган баъзи кўрсаткичлар (харорат, туз миқдори ва х.к)

$$\tau_{ij} = \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \nu \rho,$$

Бундан қуйидаги тенгламалар системасига ўтиш мумкин:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{\partial u_i u_j}{\partial x_j} + \frac{\partial u_i w}{\partial z} + g \left( \frac{\partial z}{\partial x_i} + \frac{1}{p} \int_z^{z_T} \frac{\partial \rho}{\partial x_i} \partial z \right) &= \frac{\partial}{\partial z} \nu_T \frac{\partial u_i}{\partial z} + \frac{\partial \mu}{\partial z} \frac{\partial u_i}{\partial z} \\ \frac{\partial u_i}{\partial x_i} + \frac{\partial w}{\partial z} &= 0 \\ \frac{\partial S_r}{\partial t} + \frac{\partial S_r u_j}{\partial x_j} + \frac{\partial S_r w}{\partial z} &= \frac{\partial}{\partial z} D \frac{\partial S_r}{\partial z} + q_{S_r} \\ \rho &= \rho(S_r) \end{aligned} \right. \quad (11)$$

бунда:  $D$  - вертикал диффузия коэффиценти ( $\nu_T$  - турбулент ёпишқоқлик коэффиценти аналог), одатда қуйидагича ифодадаланади,  $D = \alpha \nu_T$ ,  $S_r$  - масштабдаги кўрсаткичларнинг концентрацияси.

(11) тенгламалар системаси суюқликнинг реалогияси ҳақида ҳеч қандай махсус тахминларсиз импульс ва массанинг сақланиш қонунларидан келиб чиқади. Тенгламалар системасини ёпиш учун пастдаги силжиш кучланишлари ( $\tau_i$ ) ва оқим характеристикаларининг қолган қисми ўртасидаги муносабатни ўрнатиш кифоя. Одатда бу муносабатни қуйидагича ифодалаш мумкин.

$$\tau_i = \lambda u_i |u| / 2, \quad (12)$$

Бунда  $\lambda$  - гидравлик қаршиликнинг скаляр коэффиценти Маннинг формуласи бўйича ҳисобланади:

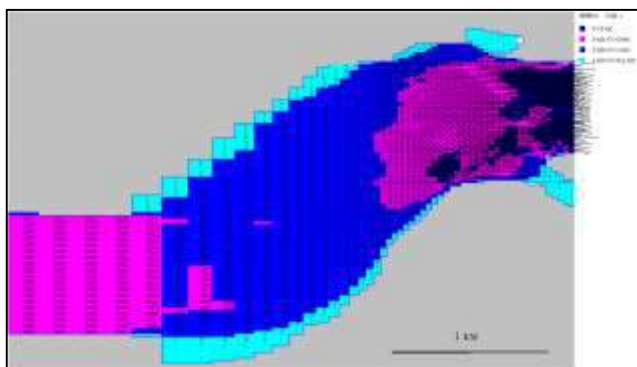
$$\lambda = \frac{2g}{C^2} = \frac{2gn^2}{h^{1/3}},$$

Бунда  $C$  - Шези коэффиценти,  $n$  - ғадир будирлик коэффиценти.

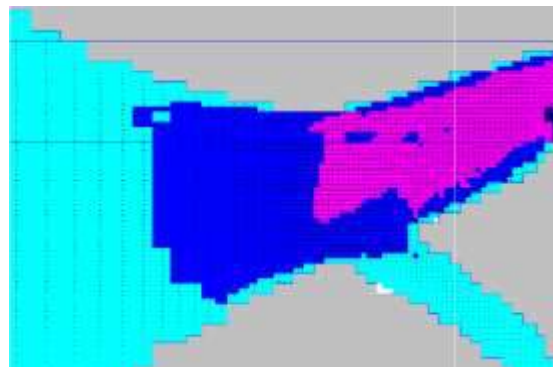
Сув оқимининг чуқурлиги қаралаётган муҳандислик масаласи учун оқимнинг пландаги кенглигидан бир неча маротаба кичик бўлиши  $h \ll L$ , ўзан шундай кенликка эга бўлиши керакки ( $B < 2L$ ), гидравлик жараёни икки ўлчамли масала кўринишда ҳисоблаганда бир ўлчамли масалага нисбатан кўпроқ маълумот олиш имкониятини бериши керак.

Дарёдаги оқим режимини ўрганиш учун гидравлик сонли тадқиқотлар Амударё юқорида кўрсатилган дастур бўйича ўрнатиш усули бўйича амалга оширилди: ҳисобланган бўлақда маълум бир бошланғич сув сатҳи ўрнатилди, бу бўлақка киришда сув оқими, КМКга олинган сув сарфи ва сув сатҳи учун эгри чизик белгиланди. Ҳисобланадиган қисмининг чиқиш жойидаги оқим

сарфи ва сув сатҳи ўртасидаги боғлиқликлар, сув олиш каналига олинган оқим сарфи, киришдаги сув сарфи ва соҳадан чиқишдаги оқим сарфи йиғиндиси тенг бўлгунга қадар амалга оширилди.



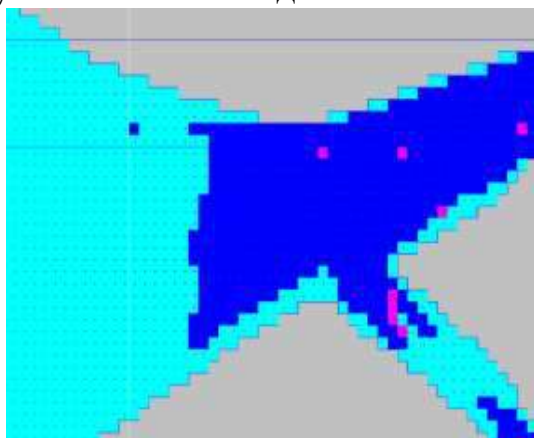
**Сер сув даврда тезлик майдони**  
 $Q=6800 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $n=0,021$



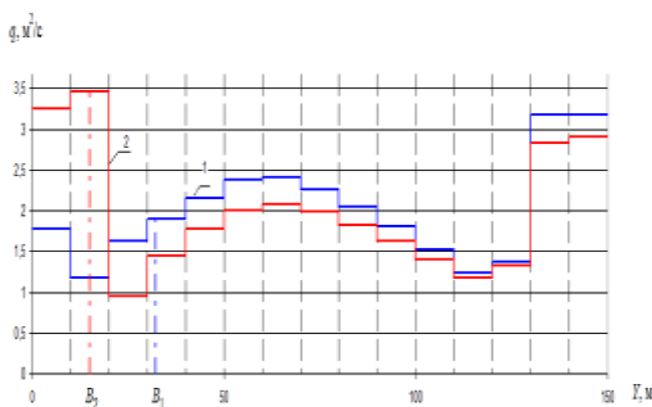
**Кам сувли даврда тезлик майдони**  
 $Q=300 \text{ м}^3/\text{с}$ . КМК  $q=50 \text{ м}^3/\text{с}$  олинади.  $n=0,021$

**12-расм. Кам сувли ва серсув даврларда КМК сув олиш соҳасида сонли тадқиқот натижалари**

12-расмда муҳандислик чора-тадбирларсиз ва пионер хандак мавжуд бўлган вариантлар учун унга бевосита яқин жойлашган сув олиш жойидан юқори қисмдаги оқим тезлиги майдонлари кўрсатилган. Амалга оширилган сонли тадқиқотларга кўра, узунлиги 300 ва 500 м ва кенглиги 20 м бўлган хандак мавжуд бўлганда, КМК га кирадиган барча сув пионер хандак орқали ўтиши таъминланди.



$Q=300 \text{ м}^3/\text{с}$ . КМК  $q=50 \text{ м}^3/\text{с}$ .  
 $n=0,021$ . Бир хилдаги тўр.  
 Пионер хандак 300-500 м



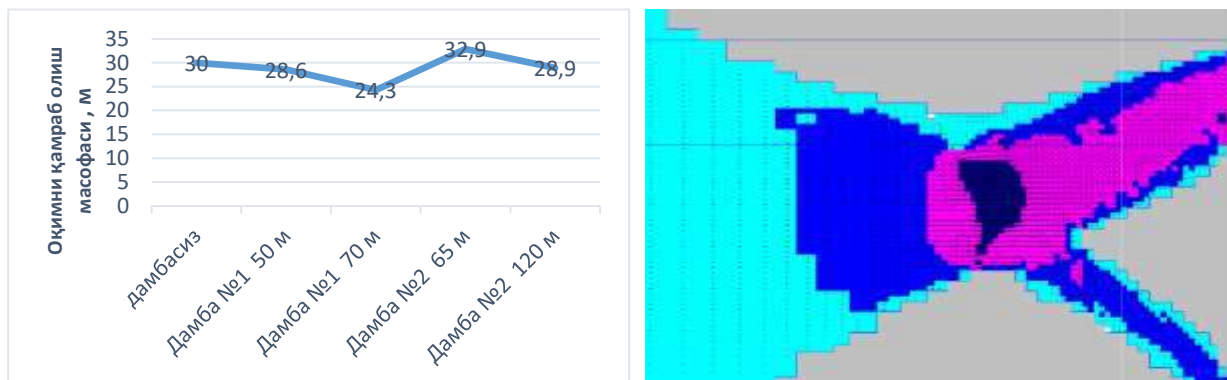
**КМК сув олиш жойида солиштирма сув сарфи диаграммаси.**  
 $B_1$  - муҳандислик чораларсиз,  
 $B_2$  – пионер хандак мавжуд ҳолатда

**13-расм. Муҳандислик тадбирларсиз ва пионер хандак мавжуд бўлган ҳолатлар учун сув олиш жойидан юқорида створларда оқим тезлиги майдонлари**

Ҳисоблаш натижаларига кўра, пионер хандаклар мавжуд ҳолатда оқим тезлиги пионер хандак бўлмаган ҳолатга қараганда анча камроқ. Кўриниб турибдики, хандакнинг узунлиги етарли бўлса, ҳатто кичик ўлчамдаги чўкиндиларни ҳам деярли ушлаб турилиши мумкин (13-расм).

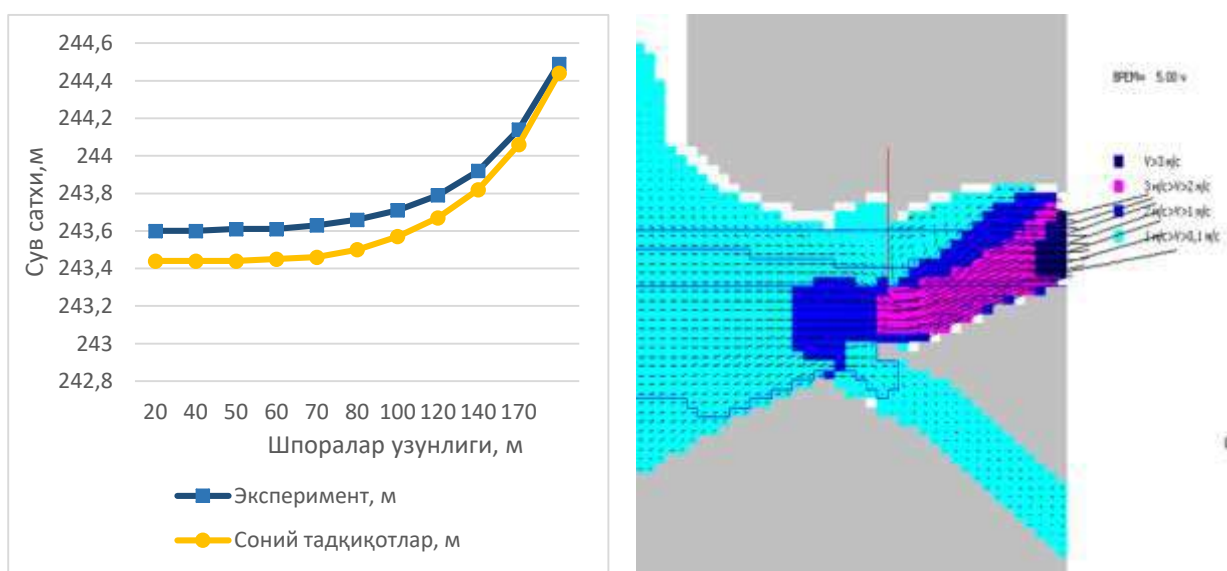
14-15 расмда дарёнинг акваториясида қурилиш пайтида сув олиш соҳасидаги юза майдон бўйича тезлик тақсимланиши кўрсатилган. Амударёдан чапдан, КМК сув олиш жойига қарама-қарши жойлашган оқимни йўналтирувчи дамбалар (шпоралар) оқимни ўнг қирғоқ ва сув олиш томон суради. Дастлаб, иккита варианты кўриб чиқилди:

1-вариант сув олиш жойидан тахминан 150 м юқорида 50-70 м узунликдаги ва сув олиш жойидан тахминан 250 м юқорида 65-120 м узунликдаги шпоралар билан чап қирғоқда ўрнатилган.



**14-расм. Сув олиш жойидан 150-250 м юқорида оқимни йўналтирувчи шпоралар схемаси.**

Шундай қилиб, КМК сув олиш жойидан 150 м юқорида (1-вариант) чап қирғоқда жойлашган оқим йўналтирувчи шпоранинг схемаси КМК сув олиш жойидан 250 м баландликда жойлашган шпорадан кўра самаралироқдир. Аслини олганда, узунлиги 65 м бўлган 2-шпора КМК сув олиш шароитига умуман таъсир қилмайди, узунлиги 120 м бўлган №2 шпора эса узунлиги 50 м бўлган 1-шпора оқимига таъсири деярли тенгдир.



**15-расм. Каналга киришга қарама-қарши бўлган оқим йўналтирувчи шпоранинг схемаси**

Шпоранинг жойлашишини 2-вариантида шпораларни КМК сув олиш жойига қарама-қарши қўйиш сув олиш жойидаги сув сатҳини ошириш орқали



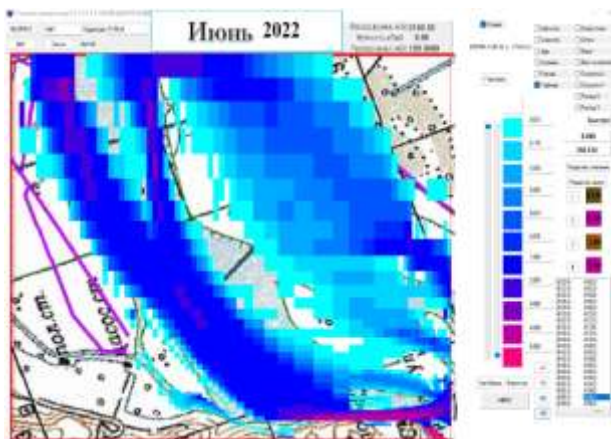
вазиятни яхшилайти. Аммо шуни таъкидлаш керакки, тўғон дарё ўзанида қулай мустаҳкам пойдеворга эга эмас ва унинг узунлиги ошгани сайин оқим ўзаги аста-секин дарёнинг чап қирғоғига ўтади, бунинг натижасида сув каналга оқишини тўхтатиши мумкин.

Ўзан тубида чўкиндиларнинг деформациясини ҳисобга олган ҳолда режалаштирилган оқимларни ҳисоблаш дастури дарё ўзанлари ва каналларидаги оқимларнинг нотекис тўртбурчаклар тўрлар тармоғида сонли моделлаштириш учун мўлжалланган. Ўзан тубида чўкиндиларнинг ҳаракатланиши Бегнолд формуласи ёрдамида тубни чўкиндиларнинг белгиланган ҳажми ва моделга кирадиган сувнинг лойқалиги учун ҳисоблаб чиқилди.

$$Q_s = Q \frac{\rho \times \rho_s C_f V^2}{\rho_s - \rho gh} \left( \frac{0,13}{f - 1} + \frac{0,01}{\frac{W}{V} - 1} \right)$$

бунда:  $Q_s$  - оқимнинг масса ташувчанлик қобилияти,  $Q$  - сув сарфи,  $\rho$  - сувнинг зичлиги,  $\rho_s$  - грунтнинг зичлиги,  $C_f$  - ўзаннынг ғадир будурлигини тавсифловчи коэффицент,  $V$  - динамик тезлик,  $f = tg(\varphi)$  - чўкиндиларнинг ички ишқаланиш коэффиценти,  $\varphi$  - чўкиндиларнинг ички ишқаланиш бурчаги,  $W$  - чўкиндиларнинг гидравлик катталиги.

16-расмда КМК сув олиш соҳасида турли хил сув сарфлари учун оқим йўналиши бўйича чуқурликларни ва лойқалик чўкиндиларнинг ўзгаришини кўрсатилган. Лойқа оқизикларнинг оқимга таъсирини аниқлаш учун сонли тадқиқотлар натижалари келтирилган.



**КМК тўғонсиз сув олиш ҳудудида  $Q=2163 \text{ м}^3/\text{с}$  да чуқурликлар ўзгариши. КМК  $q=180 \text{ м}^3/\text{с}$ .**

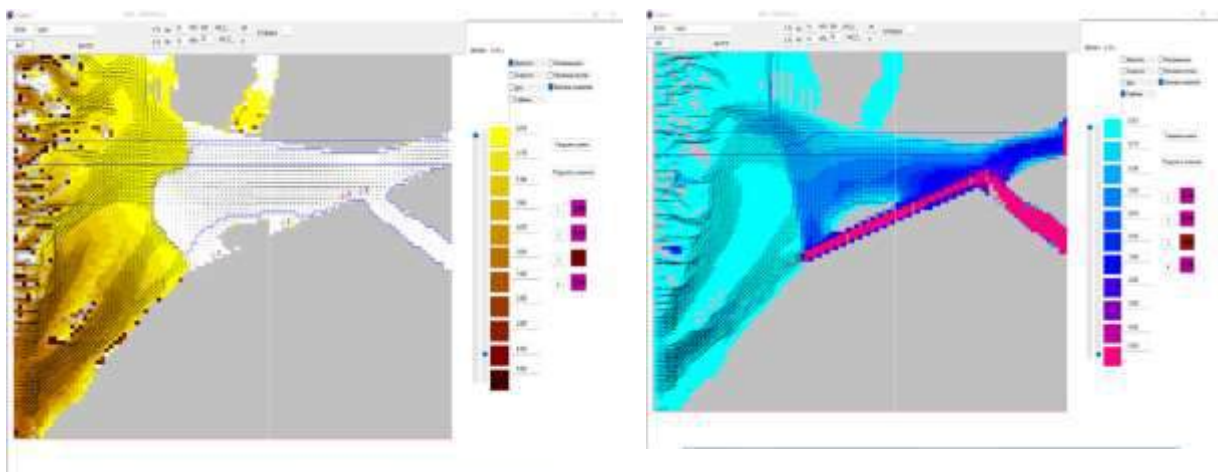


**КМК тўғонсиз сув олиш соҳасида лойқалик  $Q=2210 \text{ м}^3/\text{с}$  да ўзгариши. КМК  $q=180 \text{ м}^3/\text{с}$ .**

**16-расм. КМК тўғонсиз сув олиш ҳудудида чуқурлик ва лойқаликнинг ўзгаришини сонли тадқиқот натижалари**

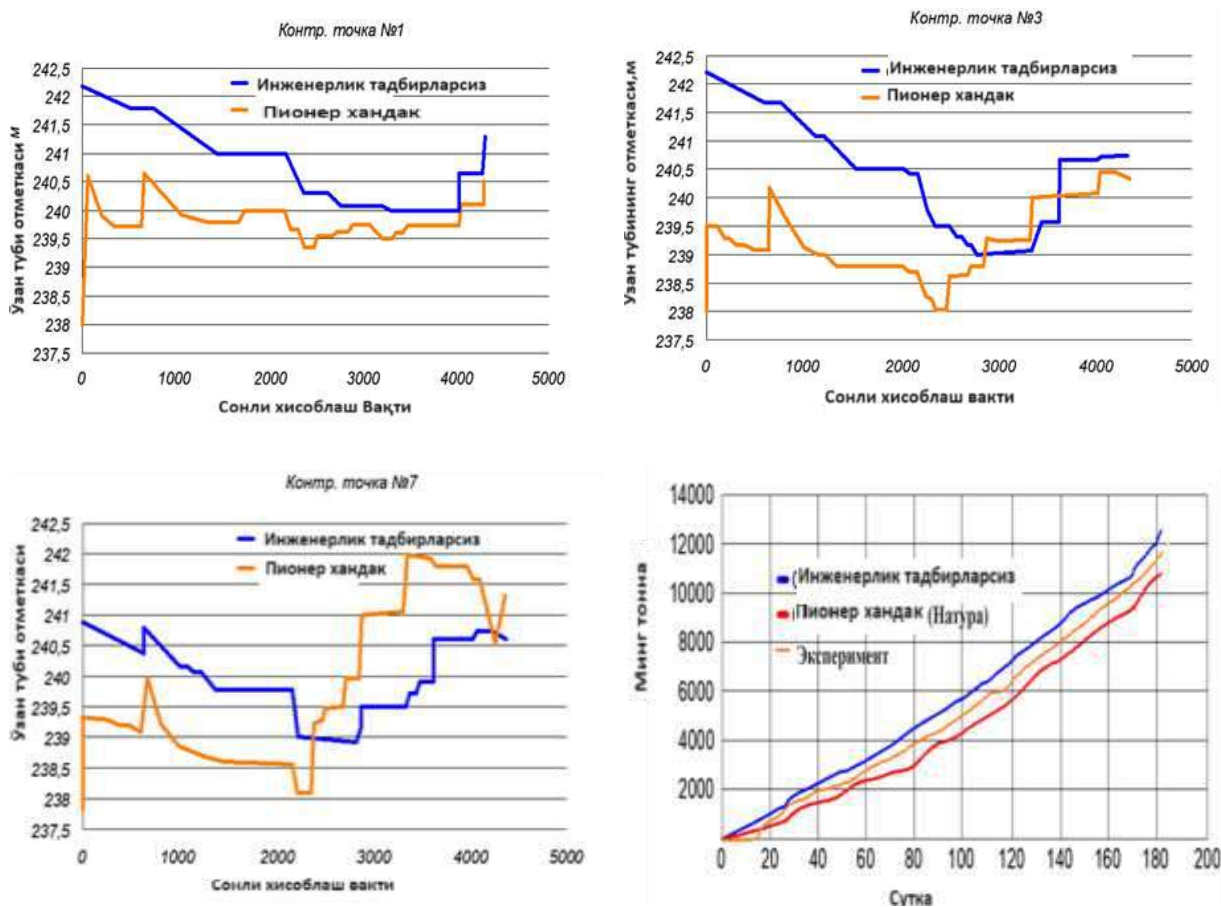
Тадқиқотлар давомида Қарши магистрал каналига сув оқимининг йўналиши бўйича бир қанча вариантларда пионер хандақ ўрнатилди ва каналга оқим йўналиши йўналтириш масалалари ўрганилди. Ушбу тадқиқотларда Қарши магистрал каналидаги сув олиш иншоотининг бош

қисмидаги сув сатҳининг максимал даражасига эришиш имкониятлари ҳам кўриб чиқилди (17-расм).



**17-расм. КМК га соҳасида лойқа оқизиқларни инобатга олиб пионер хандақ мавжуд ҳолатдаги сонли тадқиқотлар натижалари**

Амударё сув кам бўлган даврда тўғонсиз сув олишда энг қийин давр ҳисобланганлиги сабабли чўкиндиларнинг ҳаракати деформация жараёнларини ҳисобга олган ҳолда турли даврлар учун ўрганилган. Ушбу тадқиқот объектида Амударё оқими  $Q = 2600 \text{ м}^3/\text{с}$  дан  $300 \text{ м}^3/\text{с}$  гача ва каналга сувнинг мос равишда  $40 \text{ м}^3/\text{с}$  дан  $180 \text{ м}^3/\text{с}$  гача бўлган даврларидаги ҳисоблаш тадқиқотлари натижалари келтирилган.



**18-расм. Олиб борилган сонли тадқиқотларнинг таққослаш натижалари**

Сонли тадқиқотлар натижалари Амударёдан каналга сув олиш бўйича махсус муҳандислик тадбирларини ўтказиш орқали кафолатланган сув олишни таъминлаш мумкинлигини кўрсатди (18-расм). Маълумки, бунинг учун далада олиб борилган тадқиқотлар натижасида олинган маълумотлар базаси юқори даражадаги аниқликни талаб этилади. Ишлаб чиқилган янги сонли усуллари натижасида сув олиш шароитини яхшиланади, бош иншоот қисмида туб чўкиндиларни чўкишини башорат қилиш орқали, сув кам бўлган даврда сув олишни 50-80 м<sup>3</sup>/с гача ошириш имконияти яратилади. Шунингдек земснарядларни сув олиш соҳасида жойлаштириш ўрни ва чўкиндилардан тозалаш ишлари ҳажми 20% гача ортади.

## ХУЛОСА

Техника фанлари фанлари доктори (DSc)нинг **“Ўзани енгил ювулувчан дарёларда оқимнинг беқарор ҳаракатини ҳисоблаш усуллари илмий ва экспериментал такомиллаштириш”** мавзусидаги диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар асосида қуйидаги хулосалар келтирилди:

1. Амударёдан Қарши магистрал каналига бош иншоот орқали кўп миқдорда чўкиндиларни кириб келиши, кам сувли даврларда сув сарфи ва сув сатҳининг етарли эмаслиги, қишки даврда эксплуатациясида жиддий қийинчиликларга олиб келади. КМК тўғонсиз сув олиш иншоотини ишлашини яхшилаш мақсадида экспериментал тадқиқотлар 3 босқичда ўтказилди: 1-босқич оқим йўналтирувчи иншоотларни қўллаш, 2-босқич пионер хандақни ишлаб чиқиш. 3-босқич тўғонсиз сув олиш ҳудудида ўзан жараёнларини ўрганиш.

2. Амударёдан тўғонсиз сув олиш соҳасидаги оқим ва ўзан жараёнларини ўрганиш учун чуқурлик ва қирғоқ ювилиш шунингдек заррачалар чўкишини инобатга олган кичик сувлар назариясининг самарали натижаси бўлган математик модел ишлаб чиқилган.

3. Янги математик модел доирасида кичик сув масалалари ечими учун учбурчак шаклидаги элементар ҳажмлар усулидан фойдаланган ҳолда заррачаларнинг ювилиш ва турли шароитларда оқимда чўкиш жараёнларини кузатиш имконини берувчи сонли усул ишлаб чиқилган.

4. Эксперимент ҳисоблашлар турли сув оқими шароитида ўтказилди. Эксперимент натижалари тўғонсиз сув олиш соҳасида дарё тубининг шакли ва ўзан жараёнлари оқим билан боғлиқлигини дала тадқиқотлари билан тасдиқлаш имкониятини яратди. Хусусан, дарёнинг кам сувли даврларида ҳам пасайган сув сатҳлари ҳолатларида кузатилди.

5. Экспериментал ва дала тадқиқотларини таққослаш натижаларига кўра, Амударёдан тўғонсиз сув олишни яхшилаш, КМК сув олиш каналларини кафолатланган сув билан таъминлаш бўйича чора-тадбирлар ишлаб чиқилган.

6. Сонли тадқиқотлар натижалари шуни кўрсатдики, сув олиш соҳасининг ўнг қирғоғи бўйлаб 30-50 м кенликда ва камида 241 сув сатҳи белгисигача чуқурликни таъминлаш сув олиш жараёнининг барқарорлигини таъминланиши асосланган.

7. Назарий ва экспериментал тадқиқотлар асосида тўғонсиз сув олувчи каналига чўкиндилар киришини камайтиришни гидравлик схемаларини асослаш орқали оқимни йўналтирувчи пионер хандакни янги конструктив элементлари таклиф қилинди. Натижада тўғонсиз сув олишда ўзан жараёнлари олди олинди ва оқимни сув олиш каналига йўналтириш орқали бош иншоот самарадорлиги 12 % ошириш имконияти яратилди.

8. Ўзани енгил ювилувчан дарёлардан тўғонсиз сув олишда оқимнинг беқарор ҳаракатини ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш орқали чўкиндиларнинг тақсимланиши ва йўналишини башорат қилиш дастури яратилди. Ишлаб чиқилган дастурни жорий қилиш натижасида КМК тўғонсиз сув олиш ҳудудида ўзан жараёнларининг олдини олишда оқим тезлиги ва лойқаликларнинг тақсимланишини башорат қилиш имконияти яратилган.

9. Тўғонсиз сув олиш каналига оқимни йўналтирувчи иншоотларни жойлашиш ўрнини гидравлик схемалари сонли тадқиқотлар асосида ишлаб чиқилган. Натижада ўзанни тозалаш ишлари самарадорлиги ортиб, йилнинг сув кам бўлган даврларида оқимни сув олиш каналига йўналтириш имконияти яратилган.

10. Тўғонсиз сув олишнинг пастки бъефида оқим тезлигининг тақсимланиши ва йўналишини башорат қилиш дастури асосида ўзан жараёнларини башорат қилиш технологияси ишлаб чиқилган. Ишлаб чиқилган дастурни жорий қилиш натижасида, тўғонсиз сув олиш иншооти иш режими таъсирида ҳосил бўлган ўзан жараёнларининг олдини олиш имконияти яратилган.

11. Тўғонсиз сув олиш зонасидаги туб чўкиндиларнинг деформациясини ҳисобга олган ҳолда, енгил ювилувчан дарё ўзанларида оқимнинг беқарор ҳаракатини ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган. Натижада, сув сатхи ва тезлигига қараб ўзан жараёнларининг шаклланиш босқичини аниқлаш имконияти яратилган.

12. Таклиф қилинган сув олишнинг янги усуллари сув олиш шароитини яхшилашга ёрдам беради, бунинг натижасида бош иншоот қисмида туб чўкиндиларни камроқ ушлайди, сув кам бўлган даврда сув олишни 50-80 м<sup>3</sup>/с гача ошириш мумкин. Натижада чўкиндиларни земснарядлар ёрдамида тозалаш ишлари ҳажми йилига 20 фоизга қисқартирилиб, 1 миллиард 200 миллион сўм иқтисод қилинади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.10.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАЦИОНАЛЬНОМ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ «ТАШКЕНТСКИЙ  
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ  
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»**

---

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И  
МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»**

**НОРКУЛОВ БЕХЗОД ЭШМИРЗАЕВИЧ**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НАУЧНЫХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ  
МЕТОДОВ РАСЧЁТА НЕСТАЦИОНАРНОГО ДВИЖЕНИЯ ПОТОКА  
НА ЛЕГКОРАЗМЫВАЕМЫХ РУСЛАХ РЕК**

**05.09.07- Гидравлика и инженерная гидрология**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА НАУК (DSc)  
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент – 2024**

Тема диссертации доктора (DSc) технических наук зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № B2022.4DSc/T.576.

Диссертация выполнена в Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства».

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-сайте Ученого совета ([www.tiiame.uz](http://www.tiiame.uz)) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Научный руководитель:**

**Базаров Дильшод Райимович**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Хўжаев Исматулла Кушаевич**  
доктор технических наук, профессор

**Махмудов Эрназар Жумаевич**  
доктор технических наук, профессор

**Эшев Собир Саматович**  
доктор технических наук, профессор

**Ведущая организация:**

**Ташкентский архитектурно-строительный университет**

Защита диссертации состоится на заседании Ученого совета DSc 03/30.12.2019.Т.10.02 при Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» в 2024 г «\_\_» \_\_\_\_\_ часов \_\_. (Адресу: 100000, г.Ташкент, ул. Кары Ниязий, 39, тел. (+99871) 237-22-67, факс (+99871) 237-54-79, e-mail: [admin@tiiame.uz](mailto:admin@tiiame.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Национального исследовательского университета «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» (зарегистрирован под номером \_\_). (Адресу: 100000, г. Ташкент, ул. Кары Ниязий, 39, тел. (+99871) 237-22-67, факс (+99871) 237-54-79

Автореферат диссертации разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 года.

(протокол рассылки № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2024 г.).

**А.Т.Салохиддинов**

Председатель научного совета по  
присуждению ученых степеней,  
д.т.н., профессор.

**Ф.А.Гаппаров**

Ученый секретарь научного совета по  
присуждению ученых степеней,  
д.т.н., профессор

**М.Р.Бакиев**

Председатель научного семинара при научном совете  
по присуждению ученых степеней,  
доктор технических наук, профессор

## ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире при строительстве гидротехнических или гидроэнергетических сооружений в руслах рек особое внимание уделяется прогнозированию резких изменений динамики потока, особенно вопросам предотвращения отрицательного влияния развития русловых процессов при бесплотинном водозаборе надежности и функционирования сооружения а также обеспечение гарантированной подачи воды сельскохозяйственным культурам. В настоящее время в развитых странах с учетом глобального изменения климата проводится оценка режима работы головного сооружения бесплотинного водозабора, определение размеров русловых процессов по глубине и ширине в результате управления верхним течением реки, разработка и совершенствование методов их расчета остаются одними из основных вопросов современной русловой гидравлики. В связи с этим особое внимание уделяется гарантированному водозабору с минимальным количеством взвешенных и донных наносов, обеспечению безопасной и эффективной эксплуатации головного сооружений бесплотинного водозабора.

На сегодняшний день в мире ведутся исследования направленные на прогнозирование динамики русловых процессов, происходящих в руслах рек и бесплотинных водозаборных каналов, методы оценки распределения наносов, улучшение условий надежности бесплотинного водозабора. В этом направлении, в том числе разработка методов расчета деформаций русел рек с учетом их морфологии, обеспечения гарантированного и качественного забора воды, исследования по современной русловой гидравлике считаются приоритетными. Вместе с тем проведение новых экспериментальных исследований по повышению эффективности головного сооружения, проведение обширных теоретических и экспериментальных исследований в рассматриваемом направлении в связи с многофакторной, временной и направленной изменчивостью русловых процессов является актуальной задачей.

В настоящее время в экономической политике Республики проводятся эффективные научные исследования по таким вопросам, как продовольственное обеспечение, гарантированное обеспечение водными ресурсами населения и отраслей экономики, строительство и реконструкция гидротехнических и мелиоративных сетей. В целях эффективного использования водных ресурсов в нашей республике разработана Стратегия развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы и определены задачи по «Реализации отдельной государственной программы по коренному реформированию системы управления водными ресурсами и водного хозяйства»<sup>1</sup> В связи с этим важно совершенствование новых и существующих схемы элементов водозаборных сооружений, кроме этого принятие различные конструктивных решений, правильно размещать водозаборные каналы, с поступлением минимального количество наносов.

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года УП-60 «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

Настоящее диссертационное исследование в определенной степени служит реализации задач, намеченных в Указах Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», № УП-5742 от 17 июня 2020 года «О мерах по эффективному использованию земельных и водных ресурсов в сельском хозяйстве», № УП-6024 от 10 июля 2020 «Об утверждении Концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы» и в Постановлении Президента Республики Узбекистан № ПП-3286 от 25 сентября 2017 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы охраны водных объектов», и других задач, намеченных в нормативно - правовых документах, касающихся данной деятельности.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики (V.) «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

## О

**б** В настоящее время в целях эффективного использования водных ресурсов в ведущих научно-исследовательских учреждениях мира проводятся широкомасштабные научно-исследовательские работы по улучшению эксплуатации бесплотинного водозабора и их сооружений, совершенствованию методов расчета деформаций русла. В качестве ведущих организаций, проводящих успешные исследования в области водных проблем в мире, можно привести такие организации как, Технический центр Университета штата Юта, Институт исследования водных ресурсов Университета штата Северная Каролина, Bureau of Reclamation (США), Факультет географии и региональных исследований Венского государственного университета (Австрия), Университет Ганновера (Германия), Институты «Водных проблем» России и Таджикистана и другие.

**н** В результате проведенных в мире исследований по управлению речным потоком, речным водозабором, деформации русла и методам совершенствования и расчета регулирования русла получены ряд результатов, в том числе: смоделирован гидравлический режим в сложной системе речного стока и каналов, и транспортирования наносов, разработаны морфологические карты (DHI Water and Yenvironment, Дания), методы прогнозирования влияния гидротехнических сооружений на изменение гидрологического режима реки (Университет Колорадо, США), разработаны математические модели движения воды в подводных каналах (Университеты Вены, Австрии, Санкт Петербургский политехнический университет, Московский государственный строительный университет), разработана концепция рационального

## и

<sup>2</sup> Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации <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. czmrllc – 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>

## д

## о

## в

## а



управления речным потоком (Department of Geomatic Engineering, Kwame Nkrumah University of Science & Technology, Гана). Несмотря на достигнутые успехи в этом направлении, существуют проблемы требующие решения, имеющиеся методы расчёта нестационарного движения потока на легкоразмываемых руслах рек требует уточнения, так как, ещё не получены удовлетворительные ожидаемые результаты при проектировании гидротехнических сооружений бесплотинных водозаборах в легкоразмываемых грунтах.

**Степень изученности проблемы.** Теоретическими и экспериментальными исследованиями бесплотинного водозабора, оценки русловых процессов рек и их расчетов, определения закономерностей распределения стока воды занимались ученые в республике и за рубежом: И.И.Леви, В.М.Лохтин, В.Н.Гончаров, А.Н.Гостунский, Н.В.Гришанин, И.В.Попов, К.И.Россинский, Г.А.Федотов, И.А.Кузмин, В.С.Алтунин, Н.Ф.Данелия, И.Л.Розовский, О.В.Андреев, Н.А.Михайлов, Н.С.Знаменской, В.С.Лапшенков, Д.Б.Дмитриев, В.М.Ляхтер, J.A. Kunj, F.M. Holly, A. Verwey, А.Н.Милитеев, В.В. Беликов, В.К. Дебольский, В.М.Прудовский, Б.Л.Историк, Г.Л.Гладков, К.Ш.Латипов, И.К.Хужаев, А.М.Арифжанов, М.Р.Бакиев, Хикматов Ф.Х, С.С.Эшев, И.А.Ахмедхаджаева, М.Икромова, Ф.Шаазизов, Л.Самиев и др.

Изучением гидравлических исследований проблем бесплотинных водозаборов занимались: С.Т.Алтунин, С.Х.Абальянц, А.М.Мухамедов, Х.А.Ирмухамедов, Х.А.Исмагилов, И.А.Бузунов, Р.Уркинбаев, Ж.Кучкаров, Д.Р.Базаров и другие достигли в определенных результатов, которые внедрены на практике.

Гидротехническому строительству уделено много внимания вопросам теории эксплуатации гидротехнических сооружений. В этом направлении научные исследования вели Ц.Е.Мирцхулава, И.Н.Ивашенко, С.Г.Щульман, Д.В.Стефанишин, О.М.Финагенов (Россия), М.М.Мирсаидов, М.Р.Бакиев, Э.Ж.Махмудов, Т.З.Султанов, А.А. Янгиев, Х.Файзиев (Узбекистан) и другие.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.**

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планами научно-исследовательских работ Национального исследовательского университета «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» в рамках хозяйственных договоров № 25/2021 «Разработка рекомендаций по повышению эффективности работы земснарядов в районе забора воды к насосной станции №1 Каршинского магистрального канала» и № 33/22 2022 «Определение мест отложения наносов по длине канала первой насосной станций Каршинского магистрального канала и разработка рекомендаций по увеличению пропускной способности магистрального канала расположенного на территории Туркменистана».

**Целью исследования** является совершенствование научных и экспериментальных методов расчёта нестационарного движения потока в легкоразмываемых руслах рек.

### **Задачи исследования:**

изучение современного состояния нестационарного потока и русловых процессов;

на основе уравнений теории мелкой воды разработатка математической модели рельефа в русел рек;

изучение особенностей потока, размыва дна и осаждения частиц наносов в зоне бесплотинного водозабора;

создание программ прогноза распределения и направления наносов при бесплотинном водозаборе;

создание гидравлической схемы местоположения направляющих сооружений в зоне бесплотинного водозабора на основе численных исследований;

совершенствование технологии прогнозирования русловых процессов на основе программы прогноза распределения и направления скоростей потока в нижнем бьефе бесплотинного водозабора

**Объектом исследования** является русло реки Амударья в районе бесплотинного водозабора в Каршинский магистральный канал.

**Предметом исследования** являются русловые процессы и их математические модели в районе бесплотинного водозабора в Каршинский магистральный канал.

**Методы исследования.** В процессе исследования использованы методы математического моделирования и натурных исследований русловых процессов, численное решения нелинейных уравнений условиях в граничных и вычислительного эксперимента.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

усовершенствованы методы улучшения забора воды на бесплотинном водозаборе за счет разработки математической модели, представляющей движение водного потока на основе двумерных дифференциальных уравнений;

предложены новые конструктивные элементы потоконаправляющего пионерного прокопа путём обоснования гидравлических схем снижающих поступление наносов в подводный канал, обоснованных теоретическими и экспериментальными исследованиями;

создан программный продукт для прогнозирования нестационарного распределения и направления наносов в потоке при бесплотинном водозаборе из рек с легкоразмываемым руслом

на основе численных исследований разработаны гидравлические схемы местоположения потоконаправляющих сооружений в бесплотинном водозаборе;

разработана технология прогнозирования русловых процессов на основе применения программы прогноза распределения и направления скоростей потока в нижнем бьефе бесплотинного водозабора;

гидравлическими и натурными исследованиями обоснована взаимосвязь потока с формой дна реки и характером русловых процессов в области бесплотинного водозабора в маловодный период.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем: разработан метод определения потока воды и донных потоков на основе двумерной математической модели для использования при проектировании бесплотинных водозаборных сооружений.

конструктивные элементы сооружений, направляющих поток в бесплотинный водозаборный канал, разработаны с учетом поступления в канал мутных наносов.

разработана программа прогнозирования распределения скоростей потока по площади в зависимости от времени в области сооружения бесплотинного водозабора из реки.

на основе численных исследований разработаны гидравлические схемы направления потока в водозаборный канал в маловодные периоды года.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования подтверждается обоснованностью математической модели законам сохранения импульса и массы, консервативности использованных схем расчёта, а также соответствия полученных результатов с природой объекта исследования.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в разработке двумерной математической модели, отражающей деформационные процессы в области бесплотинного водозабора, и теоретическом и экспериментальном усовершенствовании методов расчета процессов в русле реки на основе современных программ, а также в разработке гидравлических схем и конструктивных элементов направляющих сооружений в области бесплотинного водозабора на основе численных исследований и усовершенствовании метода одновременного расчета деформации берегов и дна русла.

Практическая значимость результатов исследований заключается в получении функциональных связей между гидравлическими элементами водотока и морфометрическими параметрами русла реки, расчет русловых процессов, происходящих при определении параметров насыщенного наносом потока в зоне бесплотинного водозабора Каршинского магистрального канала, разработка новых конструктивных элементов пионерного прокопа, направляющего поток, путем обоснования гидравлических схем для уменьшения поступления наносов в подводящий канал, оценка динамики русловых процессов в нижнем бьефе бесплотинного водозабора и разработка способов улучшения водозабора с учетом периодов маловодья.

**Внедрение результатов исследования.** На основании оценки интенсивности русловых процессов при бесплотинном водозаборе и совершенствования гидротехнических приемов улучшения условий эксплуатации объекта:

усовершенствованная двухмерная математическая модель, представляющая водный поток в районе бесплотинного водозабора внедрена Управлением эксплуатации Каршинского магистрального канала при Министерстве водного хозяйства РУз (справка № 03/37-2603 от 16 августа

2023 г.). В результате установлена возможность определения закономерности взаимосвязи течения воды с формой дна реки и характером русловых процессов в зоне бесплотинного водозабора;

элементы конструкции пионерного прокопа, направляющего поток в подводный канал, внедрены Управлением эксплуатации Каршинского магистрального канала при Министерстве водного хозяйства РУз (справка № 03/37-2603 от 16 августа 2023 г.). В результате при эксплуатации бесплотинного водозабора повышается эффективность его работы на 12 %, за счёт направления потока в подводный канал;

программа прогноза направления потока с учетом распределения скоростей и мутности в зависимости от времени в районе сооружения при бесплотинном водозаборе внедрена в практику Управления эксплуатации Каршинского магистрального канала при Министерстве водного хозяйства РУз (справка № 03/37-2603 от 16 августа 2023 г.). В результате применения разработанной программы создана возможность прогнозирования распределения скоростей и мутности потока с целью предотвращения нежелательных русловых процессов в зоне бесплотинного водозабора.

разработанные гидравлические схемы на основе численных исследований внедрены в практику Управления эксплуатации Аму - Бухарского машинного канала при Министерстве водного хозяйства РУз (справка № 03/37-2603 от 16 августа 2023 г.). В результате применения гидравлических схем повысилась эффективность очистных работ и создавалась возможность направить поток в подводный канал в маловодные периоды года.

обоснованная гидравлическими и натурными исследованиями взаимосвязь потока с формой дна реки и характером русловых процессов в зоне бесплотинного водозабора в маловодный период внедрена в практику Управления эксплуатации Каршинского магистрального канала при Министерстве водного хозяйства РУз (справка № 03/37-2603 от 16 августа 2023 г.). В результате появилась возможность разработать наилучший проточный подход к водозабору, обеспечивающий гарантированный водозабор.

**Апробация результатов исследований.** Результаты исследования обсуждены на 6 международных и 5 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертационной работы 40 опубликованных работ: из них 29 журнальных статей, в том числе 12 в республиканских и 17 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций. Зарегистрированы 3 программных продукта.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из пяти глав, введения и заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 191 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** диссертации обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, приведены цель и задачи, объект и предмет исследований, приведено соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологии республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследований, обосновано достоверность полученных результатов исследований, приведены внедрение результатов исследований в практику, апробация работы, результаты опубликованных работ, данные по структуре и объему диссертации.

В первой главе диссертации под названием **«Современное состояние изученности нестационарного движения потока и русловых процессов, происходящих в руслах рек и методы их изучения»** приведены результаты изученности проблемы русловых процессов при бесплотинном водозаборе, современное состояние изученности нестационарного движения потока и русловых процессов, происходящих в руслах рек и методы их изучения, анализ существующих методов проектирования искусственных русел. Выполнен анализ существующих исследовательских работ зарубежных и местных авторов. Определены цель и задачи научно-исследовательской работы. Кроме того, в этой главе проводится расчет распределения наносов по длине и глубине, разработка методов расчета русловых процессов, разработка математических моделей движения потока в зоне бесплотинного водозабора, математическое и физическое моделирование русловых процессов, перенос наносов при нестационарном движении потока в открытых руслах, проблемы гидравлики и русловых процессов.

Практические решения гидродинамических явлений, возникающих при взаимодействии инженерных сооружений русел рек, до сих пор остаются проблематичными. Практическая значимость данного вопроса отмечается в проведенных исследованиях, учитывающих изменение фракционного состава наносов, необходимость разработки методов расчета с учетом распределения наносов по ширине и глубине. Известно, что основной проблемой бесплотинного водозабора является доставка гарантированного расхода воды потребителю исходя из гидрографа. В процессе водозабора происходят изменения гидродинамических характеристик потока. Эти изменения, в свою очередь, влияют на морфометрию русла реки. Установление закономерностей связи течения воды движением донных наносов дает возможность определить характер русловых процессов в зоне бесплотинного водозабора. Для улучшения условий бесплотинного водозабора необходимо разработать конструкцию, обеспечивающую минимальное завлечение донных наносов в головное сооружение, и установить гидравлические параметры потока.

Известно, что при изучении нестационарного движения потока в открытых руслах, его последствий в виде русловых процессов и многих физических явлений в инженерной гидродинамике часто используются два метода: математическое и физическое моделирование. Целью экспериментальных исследований и методов моделирования является оптимизация затрат в гидротехнической практике и обеспечение надежных и

безопасных инженерных решений, не наносящих ущерба окружающей среде. Многие исследования показывают, что использование численного моделирования не только в несколько раз дешевле и быстрее физического моделирования, но и позволяет моделировать процессы, которые невозможно моделировать традиционными методами. Развитию численного моделирования большой вклад внесли ученые, работающие в системе Российской академии наук, Университета Колорадо в США, Венского университета в Австрии, Санкт-Петербургского политехнического университета, Московского государственного строительного университета, а также других научно-исследовательских институтов. Исследования российских ученых В.М. Прудовского, А.Н. Милитеева, В.М. Ляхтера, Б.Л. Историка, Г.Л. Гладкова в определенной степени внесли свой вклад в создание комплекса программ моделирования гидродинамических процессов. Кроме того, при проведении математического моделирования и численных исследований в области гидравлики русел рек в нашей республике и за рубежом исследования учёных J.A. Kunj, F.M. Holly, A. Verwey, B.K. Дебольского, В.В. Беликова, Д.Р. Базарова, А.М. Арифжанова, С.И. Худойкулова и других применяются на практике. Разработанный комплекс программ с численным решением одномерных и двумерных уравнений Сен-Венана позволяет проводить расчет протяженных водных объектов со сложной батиметрией и видом в плане, включая русловые процессы, с учетом гидротехнических сооружений.

Анализ существующих методов моделирования в главе позволяет сделать вывод о том, что результаты, полученные при использовании этих методов, сопоставлении этих результатов с данными натурных исследований, наличия в едином наборе уравнений, описывающих математическое моделирование, и проведении исследований по разработке программ описания русловых процессов играет важную роль в ближайшие десятилетия.

Основная цель научно-исследовательской работы – на основе теоретических и экспериментальных исследований разработать режим движения донных наносов в бесплотинном водозаборе для предлагаемых конструкций.

Во второй главе диссертации под названием **«Уравнения гидродинамики, используемые для математического моделирования нестационарного движения потока в открытых руслах»** представлены одномерные и двумерные гидродинамические уравнения нестационарного потока воды, двумерная математическая модель нестационарного движения потока, зона применения и результаты численных исследований.

В настоящей главе изложены математические модели и численные алгоритмы для расчета открытых потоков в одномерной и двумерной (плановой) схематизации, а так же двухслойная модель русло-пойменного потока. Основное внимание уделено двумерным численным алгоритмам, реализованным на неструктурированных треугольных и треугольно-четырёхугольных сетках. Эти алгоритмы и программы применялись для построения компьютерных моделей многих конкретных объектов.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( QU + \frac{1}{2} g \int_{Y_l}^{Y_n} h^2 dy \right) = gi\omega - \lambda \cdot \frac{Q^2}{2\omega R} + F, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} \Big|_{z=\text{const}} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \omega S}{\partial t} + \frac{\partial QS}{\partial x} = -K(S - S_n) \frac{\omega}{R}, \quad (3)$$

$$(1 - p) \frac{\partial \omega}{\partial t} \Big|_{z=\text{const}} = -K(S - S_n) \frac{\omega}{R}. \quad (4)$$

Здесь  $Q$  – суммарный объемный расход воды и наносов в русле;  $t$  – время;  $U = Q/\omega$  – средняя скорость течения;  $\omega$  – площадь живого сечения потока;  $g$  – ускорение свободного падения;  $y_l, y_n$  – координаты урезов на левом и правом берегу соответственно;  $h = z - z_d$  – глубина потока;  $z$  – отметка свободной поверхности воды (не зависящая от координаты  $Y$ );  $z_d$  – отметка дна;  $i = \sin \alpha \approx \alpha$  – наклон оси  $OX$  к горизонту ( $\alpha$  – угол между  $OX$  и горизонтальной плоскостью);  $\lambda$  – коэффициент гидравлического трения;  $R = \omega/\chi$  – гидравлический радиус;  $\chi$  – смоченный периметр дна водотока;  $F$  – удельная сила (на единицу длины), отнесенная к плотности, обусловленная непризматичностью русла;  $q$  – удельный (на единицу длины русла) расход бокового притока;  $S$  – объемная концентрация частиц наносов в потоке;  $S_n$  – равновесная концентрация частиц (концентрация насыщения);  $K$  – коэффициент интенсивности обмена наносами между дном и потоком;  $p$  – пористость грунта (отношение объема пор к общему объему грунта).

Чтобы решить эту систему уравнений и привести ее к удобному виду, необходимо преобразовать ее к дивергентной форме. Для этого, рассматривая систему уравнений отдельно, принимаются определенные ограничения, не меняющие их логической сущности, но дающие желаемый для практики результат и сохраняющие их вид. Только тогда, когда поток одномерен, скорость поперечного сечения одинакова, и нужно учитывать уровень воды в поперечном направлении.

Двумерная компьютерная модель, представляющая поток воды, может быть выражена в следующей форме:

$$\frac{\partial Q_i}{\partial t} + \frac{\partial Q_j U_j}{\partial x_j} + gh \frac{\partial z}{\partial x_i} = -\lambda Q_i \frac{|U|}{2h} - gh \frac{\partial z_d}{\partial x_i} \quad (i, j = 1, 2) \quad (5)$$

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial Q_i}{\partial x_i} = 0 \quad (6)$$

$$(1 - p) \frac{\partial z_b}{\partial x_i} + \frac{\partial q_i^{(s)}}{\partial x_i} = 0 \quad (7)$$

$$q_i^{(s)} = U_i + hs + D \frac{\partial z_b}{\partial x_i} \quad (8)$$

$$D = a_q hs |U| \left( 1 - \frac{0,67 \alpha_w a_s |U|}{w(\alpha_b + \alpha_w |U|)/w} \right) \quad (9)$$

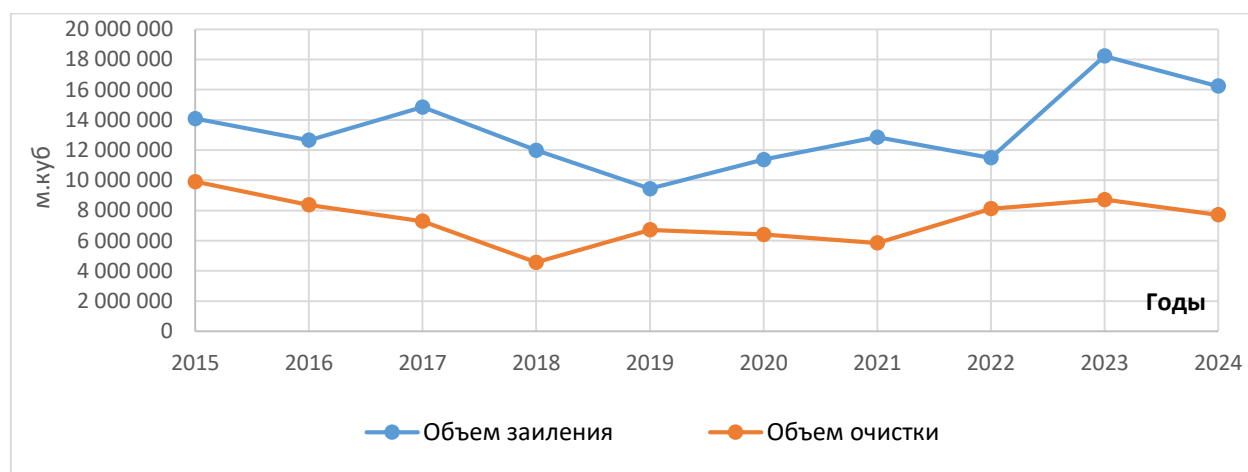
где  $Q_{i,j}$  – составляющие векторов удельного расхода;  $U_{i,j}$  – осреднённые скорости течения по глубине потока,  $x_i$  – координаты русла в плане;  $z$  – отметка уровня потока;  $z_d$  – отметка дна русла;  $h$  – глубина;  $\lambda$  – гидравлическое трение;  $a_q, a_s, \alpha_q, \alpha_w$  – поправочные коэффициенты. Для донных наносов:  $\alpha_q \approx 3,3, a_s \approx 0, \alpha_w \approx 0,01, \alpha_b \approx 0,24$ . Для взвешенных наносов в составе потока  $\alpha_q \approx 3,3, a_s$

$\approx 1,49$ ,  $\alpha_w \approx 0,04$ ,  $\alpha_b \approx 0,24$ ;  $q_i^{(s)}$  - удельный расход наносов;  $h$  - пористость грунта, где проходит русло;  $D$ - коэффициент, характеризующий диффузии потока.

В основе этой двухмерной компьютерной модели лежит система уравнений Сен-Венана. Данная модель позволяет проводить одновременный расчет деформаций (размыв и заиление) берегов и дна русел, более полно, чем другие модели и учитывать изменения гидродинамических параметров потока. Во второй главе изучена применимость разработанной проф. А. Н. Милитеевым и проф. Д.Р. Базаровым одномерной и двухмерной математической модели, при прогнозе русловых процессов в реке бесплотинного водозабора.

В третьей главе диссертации под названием «**Современное состояние бесплотинного водозабора каршинского магистрального канала и режим эксплуатации головного сооружения**» излагаются результаты проведенных натурных исследований по выявлению существующих проблем эксплуатации в районе водозабора КМК.

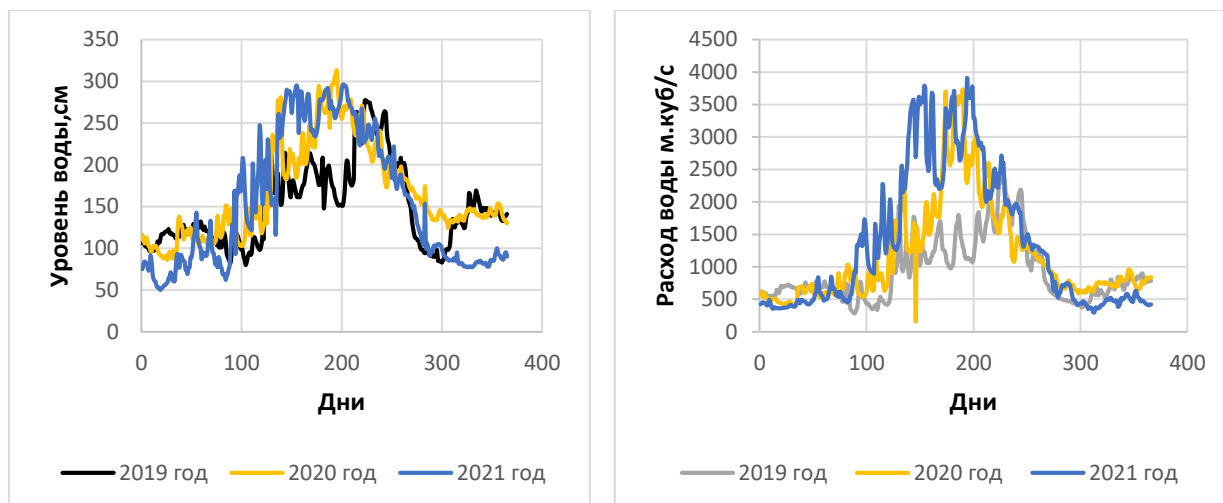
При водозаборе из реки Амударьи в Каршинский магистральный канал возникают трудности из-за быстрого заиления и занесения наносами головного участка канала. В зависимости от водности года в подводящую часть канала ежегодно поступает поток с мутностью до  $5-8 \text{ кг/м}^3$ . Годовые объемы наносов составили от 8 до 12 млн.т (Рис 1). Анализ русловых переформирований свидетельствует о том, что на участке р. Амударьи в районе головного водозабора КМК в русловой пойменной части реки произошли большие изменения глубинных и береговых деформаций. Здесь основное русло реки блуждает по широкой пойме, образуя меандрирующее русло. При отходе основного потока в левобережную протоку, правобережная протока в меженные периоды года практически отмирает, в результате чего не обеспечивается потребным расходом головной водозабор.



**Рис. 1. Объемы заиления и очистки на участке КМК по годам**

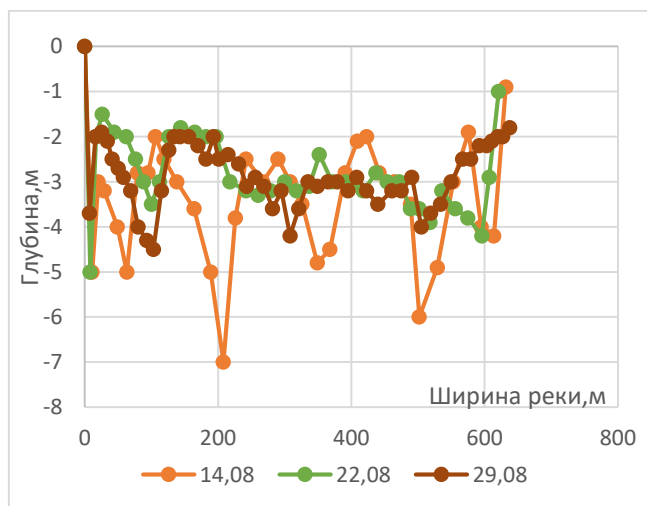
Река Амударья в районе головного сооружения КМК отличается непостоянством гидравлических характеристик по времени для одного и того же расхода воды т.е. при одинаковых отметках горизонта воды, расходы могут отличаться друг от друга примерно вдвое, а при одинаковых расходах отметки горизонта могут колебаться до  $\pm 0,6 \text{ м}$ .



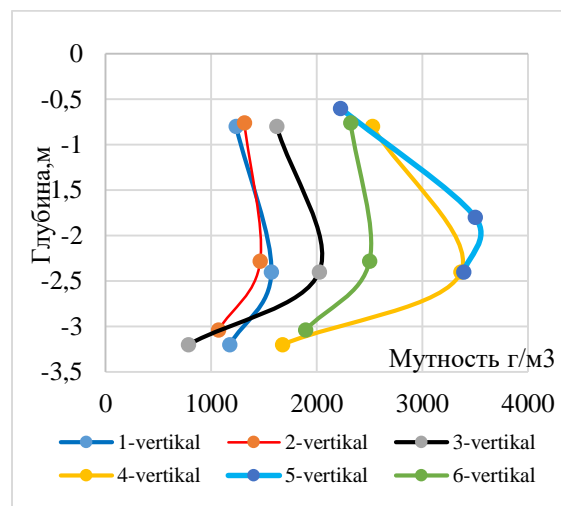


**Рис.2. Среднедневные превышения уровней и расхода воды г.п.Керки**

Объясняется это крайней неустойчивостью и большой подвижностью русла, причем большие деформации русла происходят за короткий срок. Гидравлический режим реки характеризуется значительным перераспределением скоростей, глубины и ширины потока. Динамика изменений этих параметров в среднем течении обычно следующая: максимальные скорости 1-5 м/с, средние скорости 0,3-2,5 м/с, максимальная глубина 2-12 м, средняя 1-5 м, ширина 150-2000 м, уклон составляет 0,00018-0,00032. Наибольшая скорость и глубина течения наблюдается в центре потока, в местах естественного и искусственного сжатия потока и у края скалы Пулизиндан (в излучине русла реки) (Рис 3).



**Рис.3. Рис.Динамика изменения дна русла реки в зоне бесплотинного водозабора КМК**



**Рис.4. Изменение мутности с глубиной по вертикалям выбранного створа**

Фракционный состав полученных проб наносов был проведен в лаборатории КМК в Туркменистане (рис. 4). Согласно ему в массы % характеризовались следующие фракции:  $d > 0,25 \text{ мм}$  ( $W > 26 \text{ мм/с}$ ),  $d = 0,25 - 0,05 \text{ мм}$  ( $W = 26 - 2 \text{ мм/с}$ ),  $d = 0,05 - 0,015 \text{ мм}$  ( $W = 2 - 0,2 \text{ мм/с}$ ),  $d = 0,016 - 0,005 \text{ мм}$  ( $W = 0,2 - 0,02 \text{ мм/с}$ ),  $d < 0,005 \text{ м}$  ( $W = 0,02 \text{ мм/с}$ ).

Интенсивная размыв берегов, характерная для Амударьи, имеет непредвиденные последствия размыв орошаемых полей и населенных пунктов, что затрудняет получение воды бесплотинном способом. Согласно полученным результатам натурных исследований установлена формула по определению интенсивности смыва берега реки в зависимости от угла свала и гидравлических элементов потока, которая имеет следующий вид:

$$S = 4.6 \left( 1 - \frac{V_2^{1.5}}{V_1^{1.2}} \right) \cdot \rho_1 \cdot V_1 \cdot \sin \alpha_1, \text{ М/сут}$$

где:  $V_1, V_2$  – средние скорости потока на подходе и створе вогнутого берега реки;  $\rho_1$  – мутность воды на подходе к вогнутому берегу реки;  $\alpha_1$  – угол направления течения потока (угол свала).

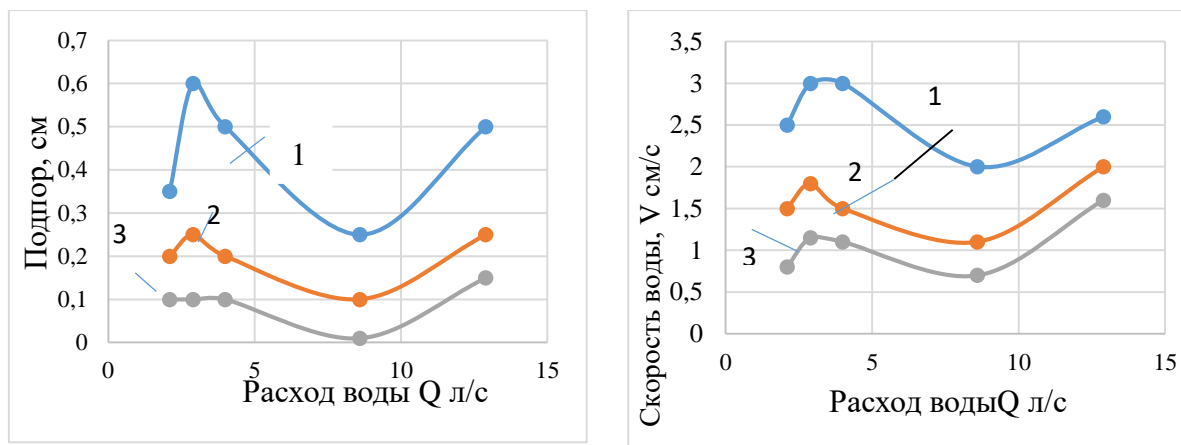
Для определения среднесуточной интенсивности смыва левого берега с 7.07 по 23.09.2021 г. при следующих гидравлических элементах потока: средняя скорость  $v=0.72$  м/с; средняя глубина  $Q=2,2$  м; мутность  $\rho = 2.65$  кг/м<sup>3</sup> и угол свала потока к берегу  $\alpha=30^0$  проводились наблюдения, результаты которых показали, что интенсивность деформации (смыва) за указанный период изменилась от 4 до 1.17 м/сут (Рис. 4)

Для улучшения условий водозабора в КМК и повышения обеспеченности гарантированных плановых расходов канала необходимо поддерживать большие глубины в Амударье на подходе к входному створу канала, а также систематически производить русло-регулирующие работы в русле среднего рукава.

**В четвертой главе диссертации, имеющей название «Экспериментальные исследования нестационарного потока бесплотинном водозаборе Каршинский магистрального канала»** изложены результаты результаты экспериментального исследования по изучению стока Амударьи. в районе входа в Каршинском магистральном канале перечислены варианты обеспечения максимального поддержания уровня воды на входе в канал и прохода донных отложений без входа в водозаборный канал

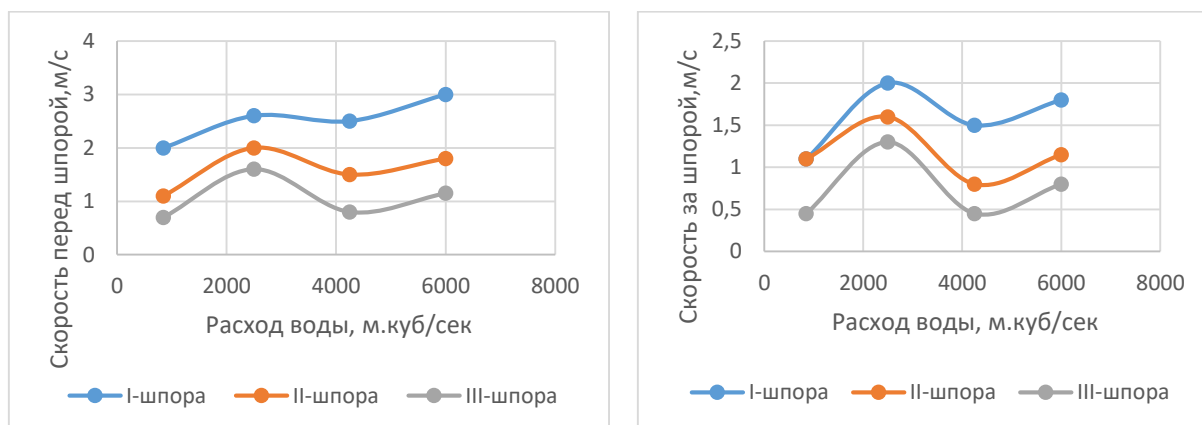
В ходе экспериментальных исследований были определены гидравлические параметры потока. Они проводились в 3 этапа. 1-й этап - применение регулировочных сооружений; 2-й этап - исследования по разработке пионерного прокопа в бесплотинного водозабора; 3-й этап - исследования русловых деформации в районе водозабора.

**В 1-м этапе** экспериментальные исследования защитно-регулирующие дамбы располагались параллельно друг другу под разными углами к набегающему потоку. Длина шпор и расстояние между ними принимаются такими, чтобы оставшаяся ширина канала при больших скоростях была равна устойчивой ширине русла реки. Система из трех шпор сжала русло и отвела поток вправо, вверх по течению от водозабора. Скорость за системами шпор снижается до ненулевого значения.

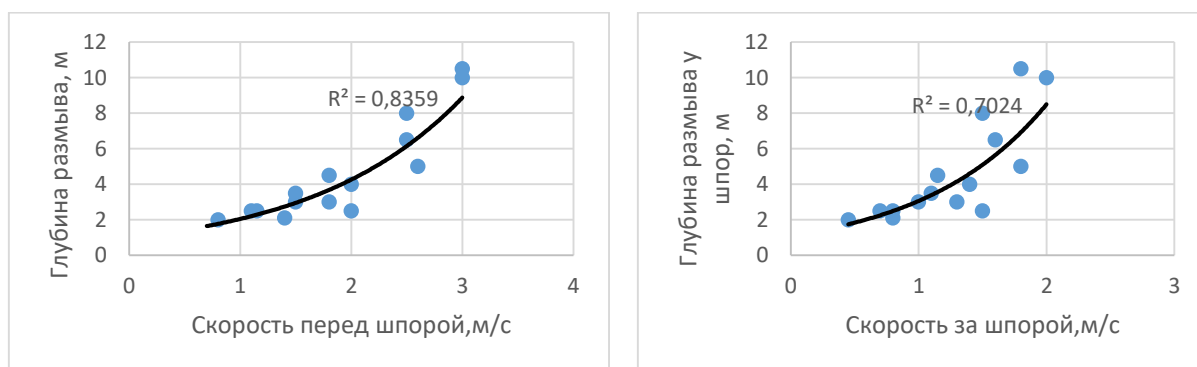


**Рис. 5** Динамика изменения скорости и величины расхода под влиянием потоконаправляющих шпор

В ходе исследований образовалось поперечное подпор основного потока, а в зоне его влияния снижались расход воды и скорость. В результате отложились наносы, и часть потока была вытеснена на левый берег (Рис. 5).



**Рис.6.**Изменения расхода воды под влиянием потоконаправляющих шпор в автомобильной области



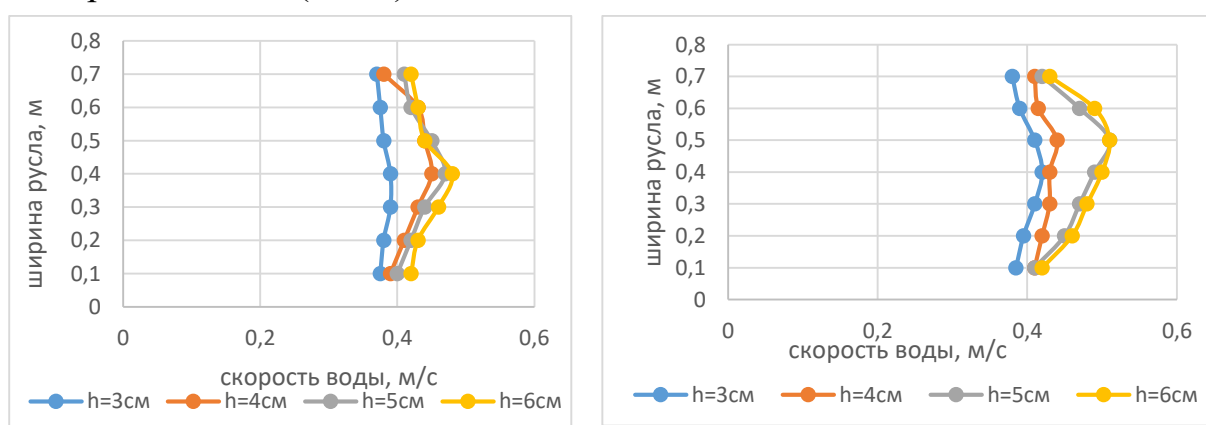
**Рис.7.**Скорости потока и глубины смыва под влиянием потоконаправляющих шпор в области автомобильности

Предварительные расчеты по выбору длины шпор был принят по методике М.Р. Бакиева, И.Я. Орловой и С.Т. Алтунина. Также обеспечено соответствие числа Рейнольдса значениям в автомобильной области, при этом критерий гравитационного подобия сохраняется при моделировании

исследований по методике Р.Уркинбаева, Д.Р.Базарова. В результате оптимальные значения вертикального масштаба, отвечающие всем требованиям принципа моделирования размываемого русла реки в данном масштабе составляют 1:500 по горизонтали и 1:40 по вертикали. Поскольку точное описание шпор в легко размываемых руслах рек невозможно, расчеты проводились на основе метода приближенного моделирования, т.е. изменения осредненных гидравлических параметров (Рис.6). При определении скорости на сжатом участке под действием шпор исходя из того, что максимальная скорость потока воды составляет  $v_{cp}=3,0$  м/сек, при обеспеченности 0,1%. Во время установки шпор отложение наносов, размер и сопротивление шпор привели к подъему дна русла реки вместе с уровнем воды. При этом отклонение потока вправо произошло не сразу, а во времени под действием каждого шпор. Было замечено, что первый из трех шпор контролирует около 10% речного стока, второй - около 15% и третий - около 20%, и.д. В результате весь поток был направлен на противоположный берег.

**В 2-м этапе** экспериментальных исследований посвящен по разработке пионерного прокопа в бесплотинном водозаборе. В экспериментальных исследованиях были проведены замеры глубины, скоростей воды и в основе изменения расхода воды, которые изначально являлись элементами расхода в прямом и криволинейном руслах.

Экспериментальные исследования проводились с помощью контрольно-измерительного прибора при значениях расхода воды  $Q = 9-25$  л/с, скорость  $v=0,38-0,51$  м/с и глубины потока  $h=3-6$  см. При глубине потока 3 см и расходе воды 11,04 л/с максимальная скорость потока в первом потоке составила 0,385 м/с. Максимальная скорость течения во втором створе изменилась до 0,39 м/с, а расход воды составил 10,89 л/с. Однако в районе, близком к влиянию водозаборного канала, скорости потока имели разные значения в зависимости от ширины канала (Рис.7).

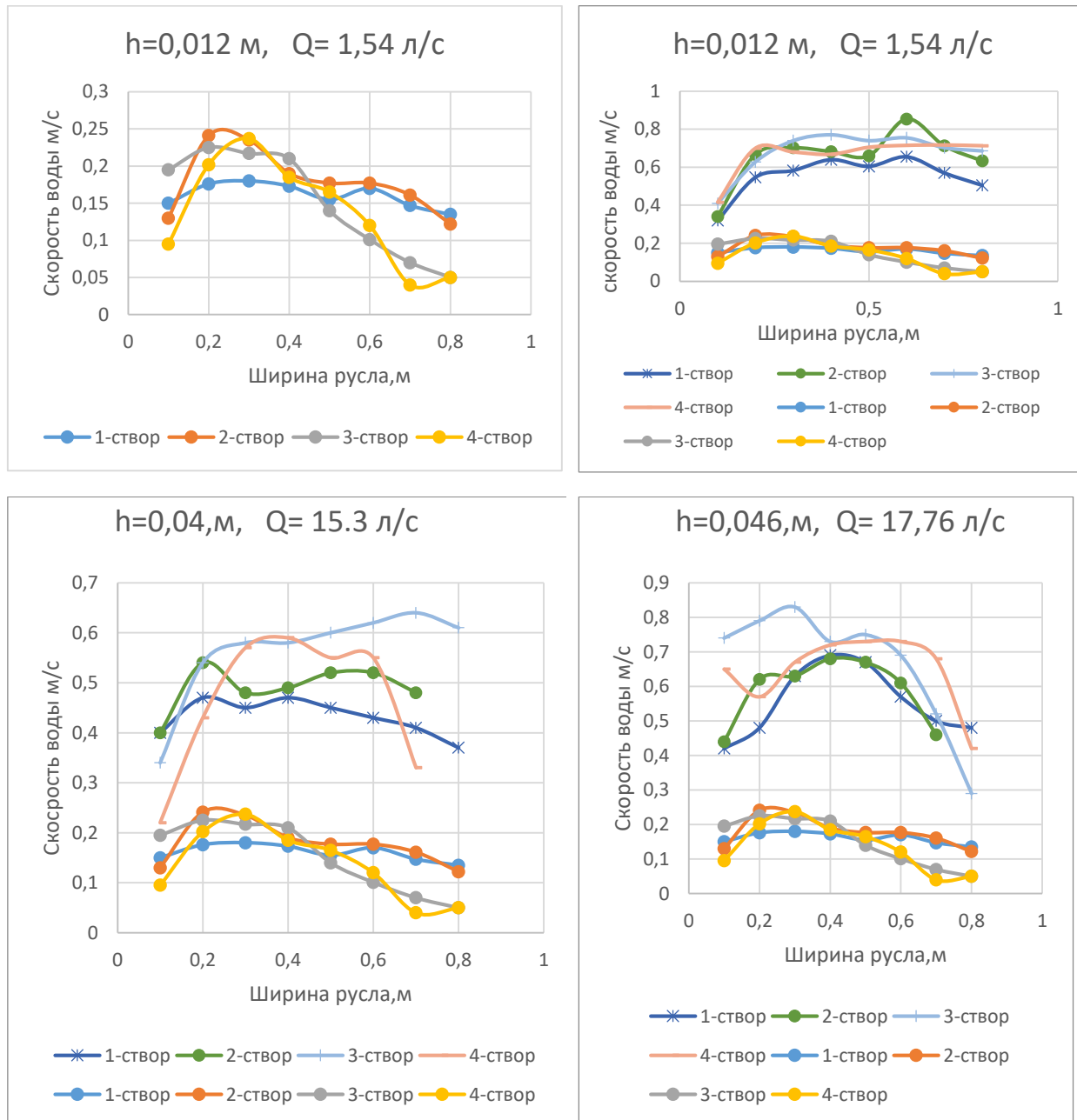


**Рис. 8. Изменение скорости течения при расположении пионерного прокопа под углом  $30^0$  на 2-м этапе экспериментальных исследований**

Исследования проводились путём смешивания наносов с помощью дозатора. Наблюдались значительные различия в направлении скорости потока по сравнению с условиям отсутствия мутности. Расход воды при этом

составил 9,12 л/с при глубине воды 3 см в состоянии мутности. Были проведены опыты путем размещения пионерного прокопа на модели под углами  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$  и  $60^{\circ}$  с целью обеспечения непрерывного притока воды в канал бесплотинного водозабора КМК. Во всех трех случаях глубина воды была увеличена с 3 см до 6 см.

В 3-м этапе экспериментальных исследований изучалось изменение глубины течения при разных скоростях течения воды в нижнем бьефе. В ходе исследования изменения глубины и скорости течения наблюдались на 4 участках, расположенных в 200 см ниже по течению бесплотинного водозабора.



**Рис. 9. Распределение скоростей по ширине канала при экспериментальных исследованиях**

В ходе наблюдений построены графики изменения расхода воды по глубине в 4-х створах. Изменение расхода воды обеспечивалось регулирующей конструкцией. Экспериментальные исследования проводились при расходах  $Q = 1-18$  л/с, скорости потока воды до  $v = 0,1-0,8$  м/с, глубины потока  $h=0,5-5$  см (Рис.9).

Сравнивая экспериментальные и полевые исследования в нижнем бьефе бесплотинного водозабора в реке Амударья, выяснилось, что на участке произошли большие изменения в результате глубоких и новых русловых процессов. На этом участке основное русло реки образует широкий извилистый поток (Рис.10).

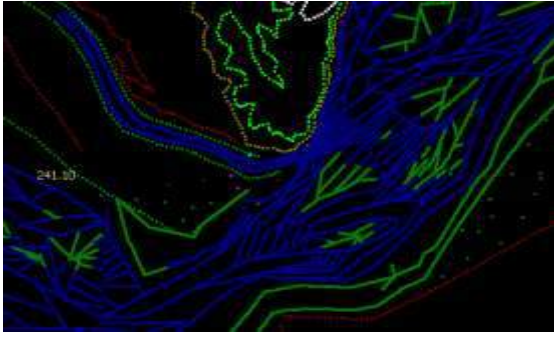


**Рис. 10. Установка для экспериментальных исследований по определению размыва русла**

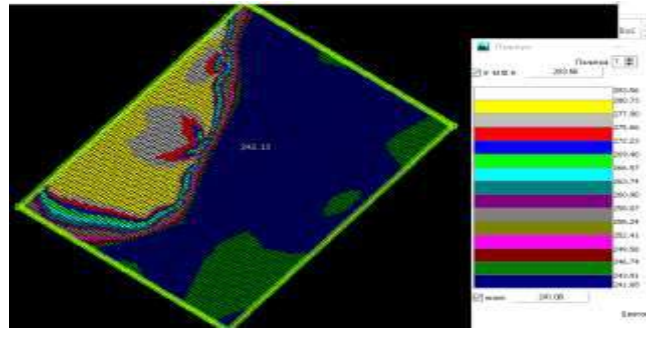
В результате экспериментальных исследований определены эрозионные зоны (формирование потоков) берегов в криволинейных руслах, усовершенствован метод их защиты от эрозии. Проведены экспериментальные исследования по защите вдоль контура эрозии, укреплению нижней части путем заполнения камнями.

**В пятой главе под названием «Численные исследования нестационарного движения потока в русле реки Амударья на участке бесплотинного водозабора КМК»** приведены результаты численных исследований по применению математической модели, основанной на двумерных гидродинамических уравнениях потока воды в зоне Амударьи бесплотинного водозабора КМК из Амударьи. В рамках проведенных численных исследований изучено распределение потока (уровень и расход воды), осредненная по глубине скорость и векторы мутности в отдельные временные интервалы и переходы в зоне бесплотинного водозабора.

Для построения математической модели рельефа местности для гидродинамического моделирования в районе водозабора КМК, использовались топографические карты, спутниковые съёмки, материалы топографической съёмки, данные промеров поперечников р. Амударья и др. При подготовке модели рельефа использовались данные о рельефе, собранные в единой координатной метрической системе источников (Рис. 10-11).



**Рис.10. Фрагмент  
восстановленного рельефа**



**Рис.11. Рельеф, интерполированный  
в центры ячеек сетки, граница  
моделируемой области**

Сложные математические задачи, связанные с интегрированием дифференциального уравнения Сен-Венана решались при определении параметров, определяющих нестационарный водный поток в руслах рек. До настоящего времени практически отсутствуют эффективные алгоритмы решения трехмерных задач в полной постановке. Следовательно, масштаб при двумерном моделировании можно рассмотреть как:

$$M_L = L_n^2 T,$$

где:  $L_n$  - линейный масштаб в плане (причем,  $L_n \gg h$ , где  $h$  - глубина потока);  $T = \frac{L_n}{U}$ , где  $U$  - характерная скорость потока и при условии, что

$$\frac{\rho_{\max} - \rho_{\min}}{\rho_{\max} + \rho_{\min}} \ll 1$$

Общее уравнение гидродинамики записано:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_i \rho}{\partial t} + \frac{\partial u_i u_j \rho}{\partial x_j} + \frac{\partial \rho}{\partial x_i} &= \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + g_i \rho \\ \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial u_i \rho}{\partial x_j} &= 0; \quad \frac{\partial S_r}{\partial t} + \frac{\partial S_r u_j}{\partial x_j} = q_{Sr} \\ \rho &= f(S_r); \quad i = 1, 2, 3, \end{aligned} \quad (10)$$

где  $u_i$  - проекция вектора актуальной скорости на ось  $x_i$ ,  $p$  - гидродинамическое давление,  $\tau_{ij}$  - составляющая тензора физических касательных напряжений,  $\rho$  - плотность,  $g_i$  - составляющая вектора ускорения силы тяжести,  $q_{Sr}$  - внутренние источники субстанции для Ньютонской жидкости,  $S_r$  - некоторая субстанция, которая определяет плотность (температура, солёность) при:

$$\tau_{ij} = \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \nu \rho,$$

можно перейти к следующей системе уравнений:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{\partial u_i u_j}{\partial x_j} + \frac{\partial u_i w}{\partial z} + g \left( \frac{\partial z}{\partial x_i} + \frac{1}{p} \int_z^{z_r} \frac{\partial \rho}{\partial x_i} \partial z \right) &= \frac{\partial}{\partial z} \nu_T \frac{\partial u_i}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \frac{\mu}{\rho} \frac{\partial u_i}{\partial z} \\ \frac{\partial u_i}{\partial x_i} + \frac{\partial w}{\partial z} &= 0 \\ \frac{\partial S_r}{\partial t} + \frac{\partial S_r u_j}{\partial x_j} + \frac{\partial S_r w}{\partial z} &= \frac{\partial}{\partial z} D \frac{\partial S_r}{\partial z} + q_{Sz} \\ \rho &= \rho(S_r) \end{aligned} \right. \quad (11)$$

где:  $D$  - коэффициент вертикальной диффузии (аналог  $\nu_T$  -коэффициента турбулентной вязкости), обычно предполагается, что  $D = \alpha \nu_T$ ,  $S_r$  - средняя концентрация субстанции в масштабе

Система уравнений (11) получена из законов сохранения импульса и массы без каких-либо конкретных предположений о реологии жидкости. Для замыкания системы уравнений достаточно задать связь между касательными напряжениями на дне ( $\tau_u$ ) и остальными характеристиками потока. Обычно считается, что эта связь может быть выражена соотношением

$$\tau_i = \lambda u_i |u| / 2 \quad (12)$$

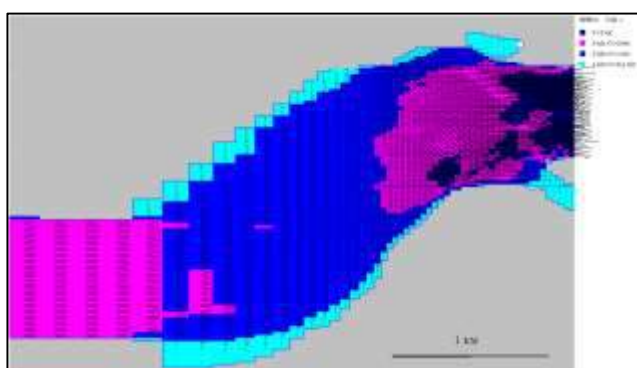
где:  $\lambda$  - скалярный коэффициент гидравлического трения, который вычисляется по формуле Маннинга:

$$\lambda = \frac{2g}{C^2} = \frac{2gn^2}{h^{1/3}},$$

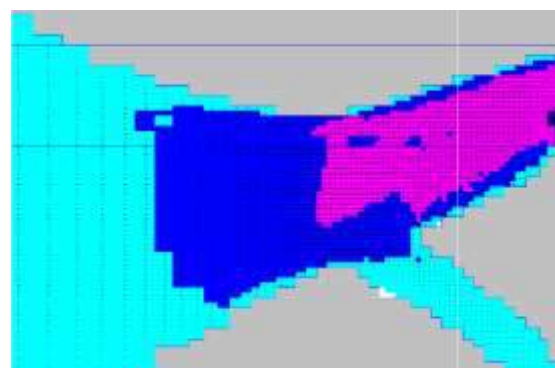
где  $C$  - коэффициент Шези,  $n$  - коэффициент шероховатости.

Глубина потока должна быть существенно меньше линейных размеров для данной инженерной задачи особенностей потока в плане  $h \ll L$ , русло должно быть достаточно широким  $B < 2L$ , чтобы применение двумерной (плановой) схематизации позволяло существенно обогатить получаемую в результате расчета информацию по сравнению с той, которая могла бы быть получена в рамках одномерного приближения.

Гидравлические численные эксперименты по изучению режима течения в р. Амударья проводились с использованием вышеописанной программы следующим методом: задан некоторый первоначальный уровень воды в расчетном фрагменте, расход воды на входе в этот фрагмент, расход воды, отбираемый в КМК, и кривая связи расхода и уровня воды на выходе из расчетного фрагмента и велись расчеты до того времени, когда установится режим и сумма расхода, отбираемого в канал, а также расход на выходе из области станет равным расходу воды на входе. На рис. 12 показаны поля скорости потока перед непосредственно примыкающим к нему водозабором для вариантов без инженерных мероприятий из пионерной траншеи.



**Поле скоростей в паводковом периоде  $Q=6800 \text{ м}^3/\text{с}$ .  $n=0,021$ .**

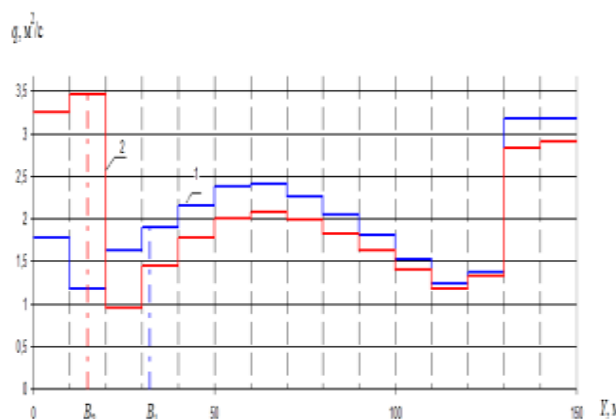
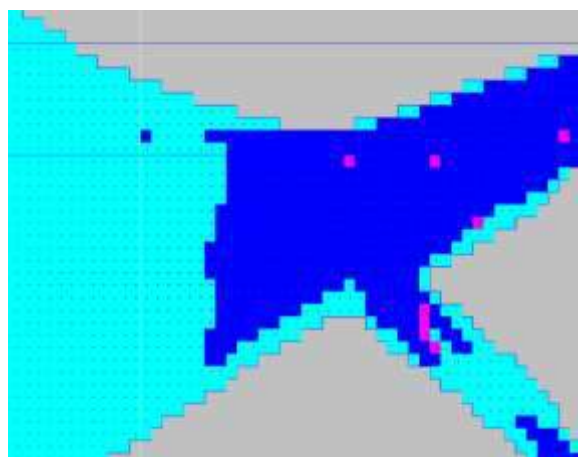


**Поле скоростей в меженном периоде  $Q=300 \text{ м}^3/\text{с}$  В КМК отбирается  $q=50 \text{ м}^3/\text{с}$ .  $n=0,021$**

**Рис.12. Численные эксперименты у водозабора КМК при паводке и в меженном периоде.**



По приведенным численным исследованиям установлено, что при наличии траншеи длиной 300 и 500 м и шириной 20 м вся поступающая в канал вода будет проходить через пионерную траншею (Рис.13).



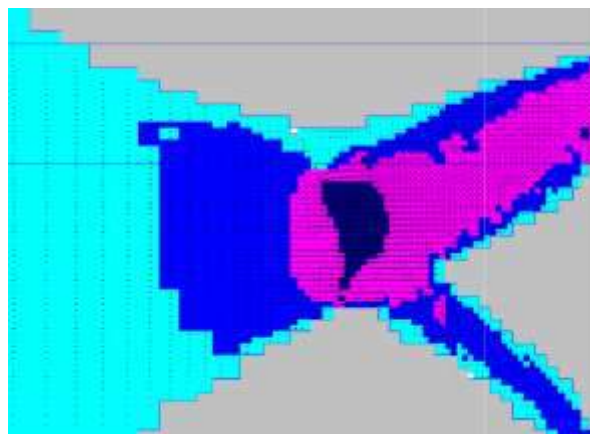
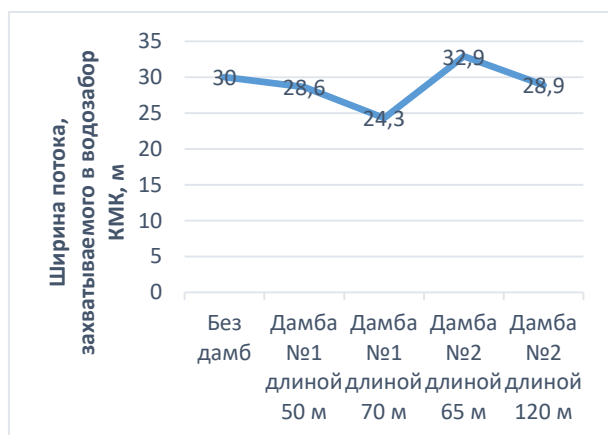
$Q=300 \text{ м}^3/\text{с}$ . В КМК отбирается  $q=50 \text{ м}^3/\text{с}$ .  $n=0,021$ .  
Равномерная сетка. Траншея 300-500 м.

Эпюра удельных расходов воды в створе выше водозабора КМК.  
 $V_1$  - без инженерных мероприятий,  
 $V_2$  – при создании траншеи

**Рис.13. Поля скоростей течения в створе выше водозабора для вариантов без инженерных мероприятий и при наличии траншеи**

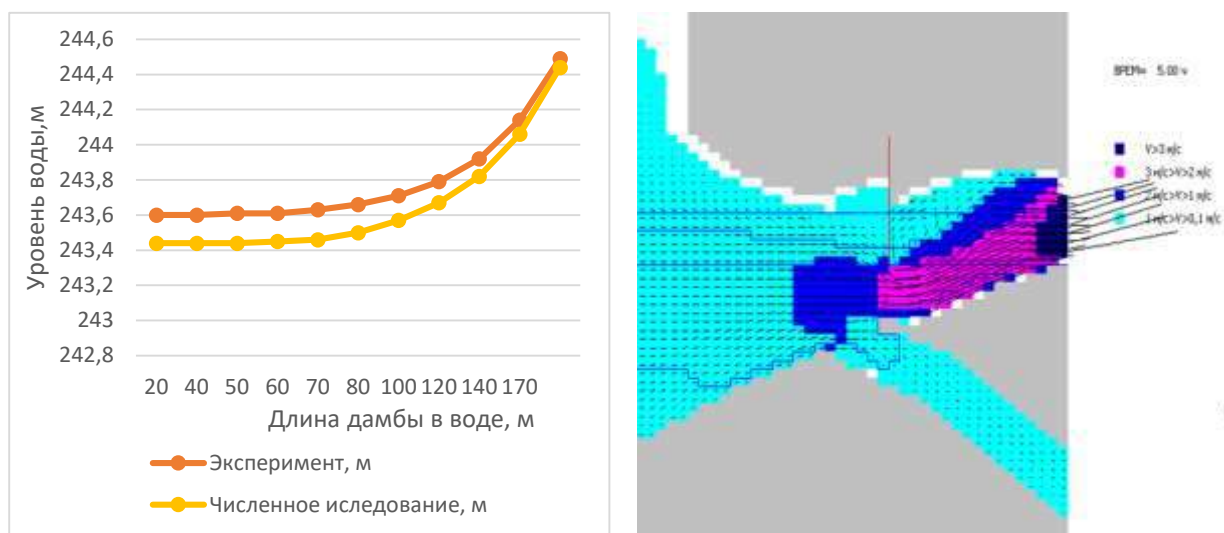
Из результатов расчета видно, что скорости течения над траншеями существенно ниже, чем без них. По-видимому, при достаточной длине траншеи в ней могут быть практически полностью перехвачены даже мелкие наносы.

На рис. 14-15 приведены планы скоростей в зоне водозабора при сооружении в акватории р. Амударья с левой, противоположной водозабору КМК стороны струнаправляющих дамб (шпор), отжимающих поток в сторону правого берега к водозабору. Первоначально рассмотрены 2 варианта компоновки шпоры: 1-й вариант с опорой шпоры о левый берег примерно на 150 м выше створа водозабора длиной 50-70 м и со шпорой примерно на 250 м выше створа водозабора длиной 65 м -120 м.



**Рис.14. Компоновка струнаправляющей шпоры 150-250 м выше створа водозабора.**

Таким образом, компоновка струенаправляющей дамбы при размещении шпоры левого берега на  $\approx 150$  м выше створа водозабора КМК (вариант 1) эффективнее, чем при опоре на  $\approx 250$  м выше створа водозабора КМК. По существу, дамба №2 длиной 65 м вообще не влияет на условия водозабора в КМК, а дамба №2 длиной 120 м почти эквивалентна по своему воздействию на поток дамбе №1 длиной 50 м.



**Рис.15. Компоновка струенаправляющей дамбы напротив входа в канал**

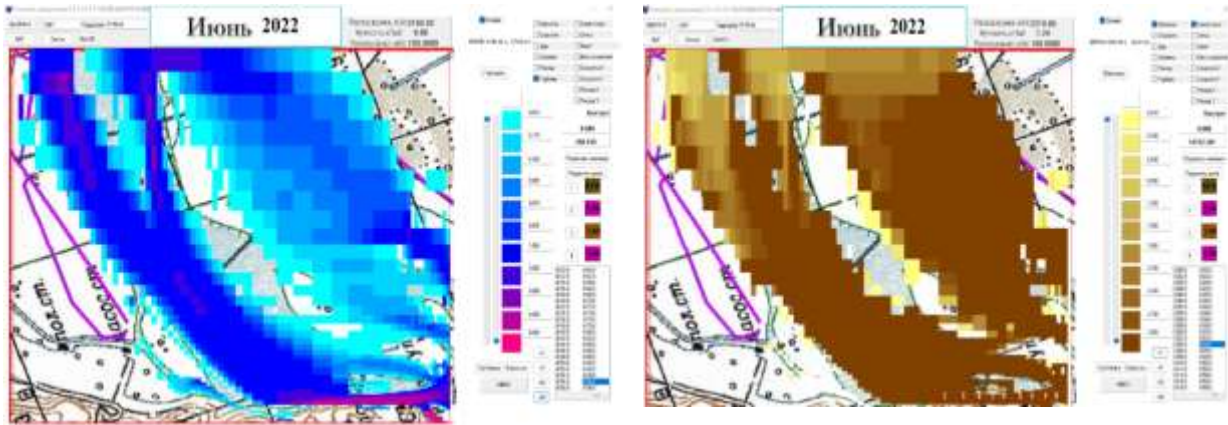
2-ой вариант размещения шпоры напротив водозабора КМК улучшает ситуацию, повышая уровень воды при водозаборе. Однако следует отметить, что дамба не имеет доступного устойчивого основания в русле реки и при увеличении её длины, стрежень потока постепенно перемещается к левому берегу реки, в результате чего вода может вообще перестать поступать в канал.

Программа для расчёта плановых течений с учётом деформаций донных отложений предназначена для численного моделирования на неравномерной прямоугольной сетке течений в речных руслах и канале с учётом деформации донных отложений. Движение донных наносов рассчитывалось с использованием формулы Бегнольда для указанной крупности грунта, устилающего дно и мутности поступающей в модель воды:

$$Q_s = Q \frac{\rho \times \rho_s C_f V^2}{\rho_s - \rho gh} \left( \frac{0,13}{f - I} + \frac{0.01}{\frac{W}{V} - I} \right)$$

где  $Q_s$  - массовая транспортирующая способность потока,  $Q$  - расход воды,  $\rho$  - плотность воды,  $\rho_s$  - плотность минерала грунта,  $C_f$  - коэффициент, характеризующий шероховатость русла,  $V$  - динамическая скорость,  $f = tg(\varphi)$  - коэффициент внутреннего трения наносов,  $\varphi$  - угол внутреннего трения наносов,  $W$  - гидравлическая крупность наносов.

На рис.16. показано распределения мутности по направлению потока при различном водопотреблении КМК. Представлены результаты численных исследований по определению влияния наносов на течение.

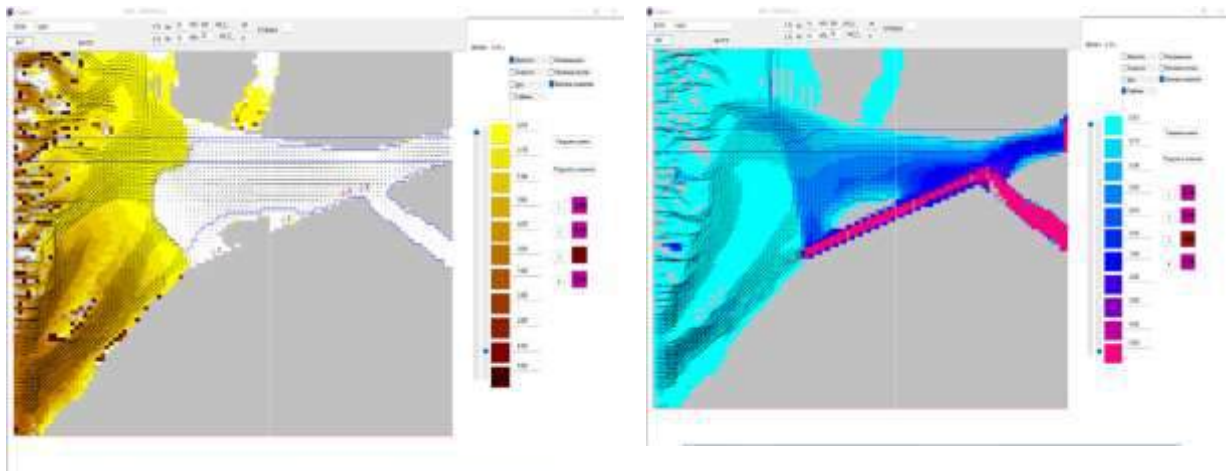


**Изменения глубин при  $Q = 2163$  м<sup>3</sup>/с в районе бесплотинного водозабора КМК. Расход канала  $q=180$  м<sup>3</sup>/с.**

**Изменения мутности при  $Q = 2210$  м<sup>3</sup>/с в районе бесплотинного водозабора КМК. Расход канала  $q=180$  м<sup>3</sup>/с.**

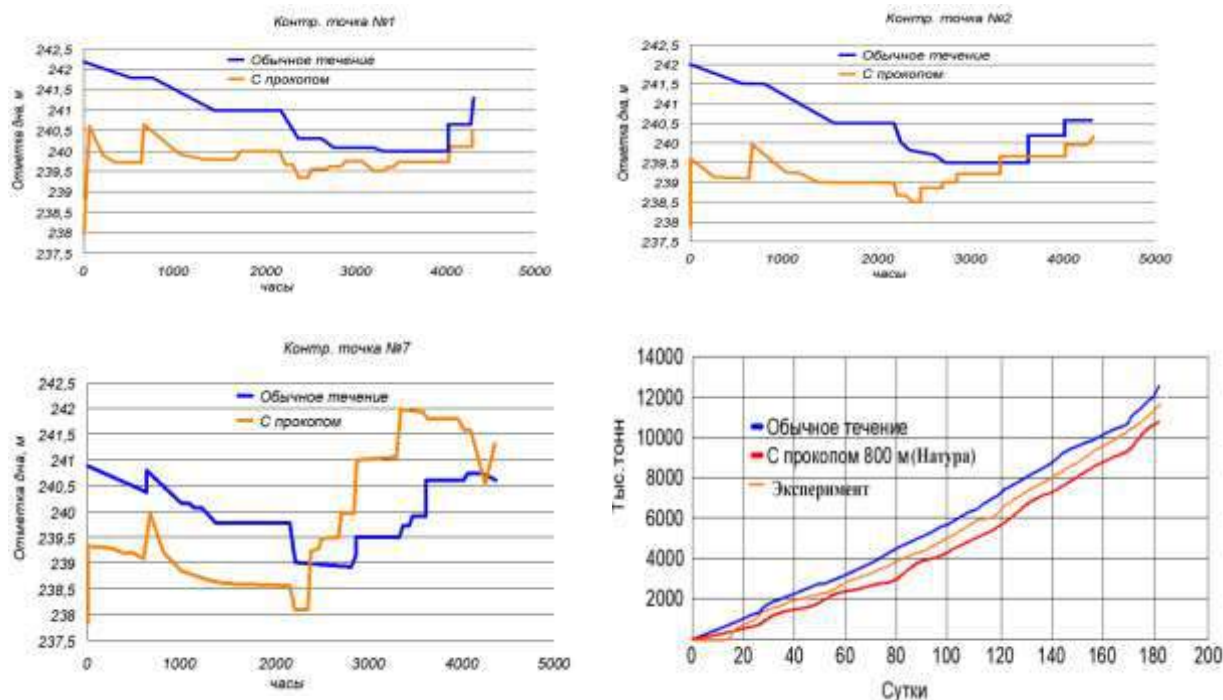
**Рис.16. Результаты численного исследования изменения глубины и мутности водозабора КМК**

В ходе исследований размещён пионерный прокоп в нескольких вариантах направления потока в основное русло КМК. и изучены вопросы направления стока в русло. В этих исследованиях также рассматривались варианты достижения максимального значения уровня воды в головном канале водозаборного сооружения в Каршинский магистральный канал (Рис. 17).



**Рис.17. Результаты численных исследований на примере пионерной траншеи с учетом наносов в районе КМК**

Так как период межени считается наиболее сложным периодом в бесплотинном водозаборе, то для разных периодов р. Амударья изучен план движения наносов с учетом деформационных процессов. Представлены результаты исследований при расходе Амударья  $Q=2600$  м<sup>3</sup>/с до 300 м<sup>3</sup>/с и периодах поступления воды в канал от 40 м<sup>3</sup>/с до 180 м<sup>3</sup>/с соответственно.



**Рис 18. Сопоставление результатов проведенных численных исследований**

Результаты проведенных численных исследований показали, что обеспечить гарантированный водозабор можно путем проведения специальных инженерных мероприятий по забору воды из Амударьи в канал (Рис.18). Известно, что для этого требуется высокий уровень точности базы данных, полученной на основе исследований, проведенных в натуре. Для этого в будущем необходим более точный уровень исследований. В результате разработанных численных методов улучшены условия водозабора, за счет прогнозирования осаждения донных наносов в основном сооружении возможно увеличение водозабора до 50-80 м<sup>3</sup>/с в период маловодья. Также до 20% увеличится расположение земляных работ в районе водозабора и объемы работ по удалению наносов.

### **Выводы**

На основании исследований, выполненных по диссертации доктора технических наук (DSc) по теме: **«Совершенствование научных и экспериментальных методов расчёта нестационарного движение потока на легкоразмываемых руслах рек»** были сформулированы следующие выводы:

1. Поступление большого количества наносов из Амударьи в Каршинский магистральный канал через головное сооружение, недостаточный расход воды и уровень воды в маловодные периоды приводят к серьезным трудностям в эксплуатации в зимний период. С целью улучшения работы бесплотинного водозаборного сооружения КМК экспериментальные исследования проводились в 3 этапа: 1-й этап - применение

потокон направляющих сооружений, 2-й этап - разработка пионерной траншеи. 3-й этап - изучение русловых процессов в зоне бесплотинного водозабора.

2. В целях изучения потока и руслового процесса в зоне бесплотинного водозабора из реки Амударьи разработана математическая модель, которая представляет хороший результат теории мелкой воды при совместном учёте факторов размыва дна и берегов, а также осаждения частиц наносов.

3. Для решения задачи о мелкой воде в рамках новой математической модели разработан численный метод с применением метода элементарных объёмов в виде треугольников, которые позволили следить за процессами размыва и осаждения частиц в потоке при различных условиях.

4. Проведен вычислительный эксперимент при различных расходах воды, которые подтвердили результаты натурных исследований по взаимосвязи течения воды с формой дна реки и характером русловых процессов в зоне бесплотинного водозабора, в частности при низких уровнях реки в период межени и маловодные годы.

5. Сравнивая экспериментальные и натурные исследования, разработан перечень мероприятий и по улучшению эксплуатации бесплотинного водозабора из реки Амударья.

6. Численными результатами установлено, что проведение дноуглубительных работ вдоль правого берега зоны водозабора до отметки дна не менее 241 и на ширину 30-50 м обеспечивает определенную стабильность процесса водозабора.

7. На основе результатов теоретических и экспериментальных исследований предложены новые конструктивные элементы поток направляющего пионерного прокопа, который способствуют снижению поступления наносов в подводящий канал. В результате при бесплотинном водозаборе предотвращены нежелательные русловые процессы и повысилась эффективность работы головного сооружения на 12 %.

8. Создана программа прогнозирования распределения и направления наносов путем усовершенствования методов расчета неустановившегося движения потока при бесплотинном водозаборе из рек легко размываемым руслом. В результате применения разработанной программы, создана возможность прогнозирования распределения скоростей и мутностей потока для предотвращения русловых процессов в районе бесплотинного водозабора КМК.

9. На основе численных исследований разработаны гидравлические схемы местоположения потокон направляющих сооружений на бесплотинном водозаборном узле. В результате эффективность очистки русла реки возросла, а в периоды маловодья появилась возможность направить поток в водозаборный канал.

10. Разработана технология прогноза русловых процессов на основе программы прогнозирования распределения и направления скоростей потока в нижнем бьефе бесплотинного водозабора. В результате применения разработанной программы, создана возможность прогнозирования

распределения скоростей потока воды и изменения расхода, предотвращения русловых.

11. Разработан метод расчёта нестационарного движения потока на легкоразмываемых руслах рек с учётом деформаций донных отложений в районе бесплотинного водозабора. В результате создана возможность определения стадии формирования русловых процессов в зависимости от уровней и скоростей потока воды.

12. Предложенные новые способы забора воды способствует улучшению условий водозабора с меньшим захватом донных наносов в головном участке, в частности подводящего канала в меженном периоде можно увеличить водозабор до 50-80 м<sup>3</sup>/с. В результате применения объемы работ по очистке наносов с помощью земснарядов сократились на 20% и сэкономлено 1 миллиард 200 миллионов сумов.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING OF THE SCIENTIFIC DEGREES  
DSc. 03/30.12.2019. T.10.02 AT THE «TASHKENT INSTITUTE OF  
IRRIGATION AND AGRICULTURAL MECHANIZATION ENGINEERS»  
NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY**

---

**«TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL  
MECHANIZATION ENGINEERS»  
NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY**

**“Improving scientific and experimental methods for calculating unsteady flow  
movement on easily eroded river beds”**

**05.09.07 – Hydraulics and Engineering Hydrology**

**DISSERTATION ABSTRACT OF DOCTOR (DSc)  
ON TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent – 2024**

**The theme of doctoral dissertation (DSc) was registered at the Main Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with: №B2022.4. DSc/T576**

The dissertation work is written at the «Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers» National research university.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, and English (resume)) on the website of the Scientific Council ([www.tiame.uz](http://www.tiame.uz)) and on the website of «ZiyoNet» Information and educational portal ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

<b>Scientific adviser:</b>	<b>Bazarov Dilshod Raimovich</b> Doctor of technical sciences, professor
<b>Official opponents:</b>	<b>Khojaev Ismatulla Kushaevich</b> doctor of technical sciences, professor <b>Makhmudov Ernazar Jumaevich</b> doctor of technical sciences, professor <b>Eshev Sabir Samatovich</b> doctor of technical sciences, professor
<b>Leading organization:</b>	<b>Tashkent University of Architecture and Construction</b>

The defense of the thesis will be «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 at \_\_\_\_ hours at the meeting of the Scientific Council DSc. 03/30.12.2019. T.10.02 at the «Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers» National research university (Address: 100000, Tashkent, Kari-Niyaziy street 39. Tel.: (+99871) 237-22-67, Fax: (+99871)-237-54-79. e-mail: [admin@tiame.uz](mailto:admin@tiame.uz)).

The doctoral dissertation can be found at the Information resource centre of the «Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers» National research university (registered with №\_\_\_\_) at the address: 100000, Tashkent, Kari-Niyaziy street 39. Phone: (+99871) 237-22-67, Fax: (+99871)-237-54-79, e-mail: [admin@tiame.uz](mailto:admin@tiame.uz).

Abstract of dissertation was sent «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024.

(register of the distribution protocol №\_\_\_\_ from «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024).

**A.T.Saloxiddinov**  
Chairman of the scientific council awarding  
Scientific degrees, doctor of technical  
sciences, professor

**F.A.Gapparov**  
Scientific secretary of the scientific council  
awarding scientific degrees, doctor of technical  
sciences, professor

**M.R.Bakiev**  
Chairman of the academic seminar under  
the scientific council awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor



## INTRODUCTION (abstract of DSc thesis)

**The aim of the research** this work is to improve scientific and experimental methods for calculating unsteady flow movement on easily eroded river beds.

**The object of the research work** is the bed of the Amudarya River in the area of the damless water intake into the Karshi main canal.

**The scientific novelty** of the research is as follows:

methods for improving water intake at a damless water intake have been improved through the development of a mathematical model representing the movement of water flow based on two-dimensional differential equations

new structural elements of the flow-directing pioneer trench were proposed by substantiating hydraulic schemes that reduce the flow of sediment into the supply channel, substantiated by theoretical and experimental research

a software product has been created for forecasting the non-stationary distribution and direction of sediment in the flow during damless water intake from rivers with easily eroded beds

based on numerical studies, hydraulic diagrams for the location of flow guide structures in a damless water intake have been developed;

a technology has been developed for forecasting channel processes based on the use of a program for forecasting the distribution and direction of flow velocities in the downstream of a damless water intake;

Hydraulic and natural studies have substantiated the relationship of water flow with the shape of the river bottom and the nature of channel processes in the area of damless water intake during low-water periods.

**Implementation of research results.** Based on an assessment of the intensity of riverbed processes during damless water intake and the improvement of hydraulic engineering techniques for improving the operating conditions of the facility:

an improved two-dimensional mathematical model representing the water flow in the area of the damless water intake was introduced by the Operation Directorate of the Karshi Main Canal and was implemented under the Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan (certificate No. 03/37-2603 dated August 16, 2023). As a result, the possibility of determining the pattern of relationship between water flow and the shape of the river bottom and the nature of channel processes in the river in the area of construction of a damless water intake was established;

design elements of the pioneer trench directing the flow into the water intake canal were introduced by the Operation Department of the Karshi Main Canal under the Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan (certificate No. 03/37-2603 dated August 16, 2023). As a result, when operating a damless water intake, it is possible to increase the efficiency of working conditions by 12% by directing the flow into the water intake canal;

a program for predicting the direction of flow, taking into account the distribution of speeds and turbidity depending on time in the area of the structure with a damless water intake, has been introduced into the practice of the Operation Directorate of the Karshi Main Canal under the Ministry of Water Resources of the

Republic of Uzbekistan (certificate No. 03/37-2603 dated August 16, 2023). As a result of the application of the developed program, it was possible to predict the distribution of flow speeds and turbidity to prevent unwanted channel processes in the area of the KMK damless water intake.

the developed hydraulic schemes based on numerical studies were introduced into the practice of the Operation Directorate of the Amu-Bukhara Machine Canal under the Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan (certificate No. 03/37-2603 dated August 16, 2023). As a result of the use of hydraulic schemes, the efficiency of cleaning work has increased and it has become possible to direct the flow into the water intake canal during low-water periods of the year.

Justified by hydraulic and natural studies, the relationship of water flow with the shape of the river bottom and the nature of riverbed processes in the area of damless water intake during low-water periods has been introduced into the practice of the Operations Directorate of the Karshi Main Canal under the Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan (certificate No. 03/37-2603 dated August 16, 2023. ). As a result, the best flow-through approach to water intake can be developed to ensure guaranteed water intake.

**The volume and structure of the dissertation:** Dissertation consist of introduction part, five chapters, summary, list of references and annexes. The volume of dissertation is 191 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РУЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Базаров Д.Р., Норкулов Б.Э., Суюнов Ж.Ш., Жумабаева Г.У., Жамолов Ф.Н. Особенности неустановившегося движения потока при бесплотинном водозаборе в условиях меандрирующих русел рек. Проблемы архитектуры и строительства (научно-технический журнал). 2021 г. №4 С.56-62. (05.00.00;№14).

2. Базаров Д.Р., Курбонов И.У., Норкулов Б., Курбонов А И., Курбонов А И. Насос станциялари сув келтириш каналида сув лойқалигининг тақсимланишини математик моделлаштириш ва сонли тадқиқот натижалари. Меморчилик ва қурилиш муаммолари. (илмий-техник журнал), 2023 г. №1, (2-қисм) Б.87-93. (05.00.00;№14).

3. Базаров Д.Р., Норкулов Б.Э., Шаазизов Ф.Ш, Вохидов О.Ф. Переброска части стока реки Амударья для повышения обеспеченности территорий южных регионах Узбекистана. Узбекгидроэнергетика журналы, №2/2020, Б.50-54. (05.00.00;№10).

4. Базаров Д.Р., Уралов Б.Р, Норкулов Б.Э, Хакимова Г, Вохидов О.Ф, Раимова И.Д. Влияние кавитационно-гидроабразивного износа и изнашивания лопастных гидромашин на гидравлическое сопротивление всасывающей линии насосных установок. Проблемы архитектуры и строительства (научно-технический журнал). 2021 г. №4 С.56-62. (05.00.00;№14).

5. Базаров Д.Р., Норкулов Б., Жуманов О., Исломов К., Назарова Ш.. Дарёдан тўғонсиз сув олишда оқимнинг гидравлик ва лойқа чўкиндилар режимини баҳолаш. Меморчилик ва қурилиш муаммолари. (илмий-техник журнал), 2023 г. №1,(2-қисм) Б.140-144. (05.00.00;№14).

6. Базаров Д.Р., Норкулов Б., Суюнов Ж.Ш., Қурбонов А., Жамолов Ф. Гидравлические режимы бесплотинного водозабора. Проблемы архитектуры и строительства научно-технический журнал. 2021 г. №2 С.56-61. (05.00.00;№14)

7. Базаров, Д.Р, Норкулов Б., Курбонов А., Жамолов Ф.. Совершенствование методов повышения надёжности бесплотинного водозабора. Узбекгидроэнергетика журналы, №4/2021, Б.50-54. (05.00.00;№10).

8. Норкулов Б.Э., Назарова Ш.М., Каландарова Д.А., Курбонов А.И., Курбонов А.И. Исследование процесса интенсивных местных переформирований легкоразмываемого русла на среднем участке р. Амударья. Ирригация ва мелиорация журналы. Махсус сон 2022 й. (06.00.00;№10).

9. Норкулов Б.Э, Жуманов О., Хидиров С, Исломов К.. Дарёдан тўғонсиз сув олишда ўзан жараёнларини баҳолашда дала тадқиқот натижалари. Меморчилик ва қурилиш муаммолари. (илмий-техник журнал), 2022 г. №4, Б.134-137. (05.00.00;№14).

10. Норкулов Б.Э, Хидиров С К, Косимов Ж А, Курбонов А И, Курбонов

А.И. Насос станцияларининг иш режимини инобатга олиб, сув олиб келиш каналининг гидравлик параметрларини баҳолаш. “Илм сарчашмалари” илмий-назарий методик журнал. №4. 2022. Б-65-69. (01.00.00;№12).

11. Норкулов Б.Э., Б.Назаров, Г.Жумабаева, А.Курбонов, И.Исломов, А.Курбонов. Установление объема заиления каналов и организация очистных работ в условиях реки Амударьи. Агро илм журнали 2022 йил № 5, ISSN 2091-5616. С.62-64. (05.00.00;№3).

12. Норкулов Б.Э Насырова Н.Р , Шомайрамов М.А. Суюнов Ж.Ш., Таджиева Д.О. Использование комбинированных плавучих конструкций на водозаборах насосных станций. Проблемы архитектуры и строительства (научно-технический журнал). 2020 г. №4 (2-част) С.105-110. (05.00.00;№14).

13. Norkulov B., A. Kurbanov, Jamolov F. Optimization of the Channel Head Settling Tanks to Guarantee the Water of Pumping Stations. In volume 19, of Eurasian Journal of Learning and Academic Teaching (EJLAT) April 2023. ISSN: 2795-739X, pp.42-44. (01.00.00;№5).

14. Norkulov B., Kalandarova D A Research results of flow hydraulic and sludge sediment regime in a river without a dam. American Journal of Technology and Applied Sciences ISSN (E): 2832-1766| Volume 7, Dec., 2022. pp-105-112. (01.00.00;№5).

15. Bazarov, D., B. Norkulov, Vokhidov, O., Uljaev, F., Ishankulov, Z. “Two-dimensional flow movement in the area of protective regulatory structures”, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№16).

16. Krutov A, B. Norkulov, A., Artikbekova, F., Nurmatov, P. “Optimal location of an intake at a reservoir prone to salt diffusion”, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№16).

17. Krutov A, B. Norkulov, B Mavlyanova. Simulation of spreading of non-conservative passive substances in water bodies. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020) 012028. [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№16).

18. Bazarov D., I Markova, K Isabaev, M Sapaeva, “Operational efficiency of water damless intake”. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№16)

19. Krutov A, Norkulov B., B. Nurmatov, M. Mirzaev. Applicability of zero-dimensional equations to forecast nonconservative components concentration in water bodies. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020) 012064. [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№16).

20. Krutov A., B. Norkulov, Farokhiddin Uljaev and Farkhod Jamalov., Results of a numerical study of currents in the vicinity of a damless water intake. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1030 (2021) 012121, IOP Publishing, [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№16).

21. Krutov A, Choriev R, Norkulov B., Dildora Mavlyanova, Anvar Shomurodov. Mathematical modelling of bottom deformations in the kinematic wave approximation. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1030 (2021) 012147, IOP Publishing. [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№16).

22. Bazarov D, Norkulov B, Vokhidov, O., Raimova, I. Hydrodynamic Loads

on the Water Chamber with Cavitating Dampers. Lecture Notes in Civil Engineeringthis link is disabled, 2022, 182, pp. 17–24. [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№16).

23. Bazarov, D., Vatin N, Norkulov B., Vokhidov O., Raimova I. Mathematical Model of Deformation of the River Channel in the Area of the Damless Water Intake. Lecture Notes in Civil Engineeringthis link is disabled, 2022, 182, стр. 1–15. [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№16).

24. Bazarov D. R., B.Norkulov, A. I. Kurbanov, F.N. Jamolov, G. U. Jumabayeva. Improving methods of increasing reliability without dam water intake. AIP Conference Proceedings 2612, 020026 (2023); [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№16)

25. Norkulov B.E., D. V. Nazaraliev, A. I. Kurbanov, S.Sh. Gayratov, B. Shodiyev. Results of a study of severe deformation below the damless water intake section. AIP Conference Proceedings 2612, 020026 (2023); <https://doi.org/10.1063/5.0113062>. [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№5)

26. Bazarov D, B. Norkulov, Vokhidov, B.Shodiev, I Raimova. Regulation of the flow in the area of the damless water intake. E3S Web of Conferencethis link is disabled, 2021, 263, 02036, [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№16)

27. Norkulov B.E. Jumabaeva G., Uljaev F., A.Shomurodov, A.Kurbanov. Channel bed processes experimental modeling in the area of damless water intake. E3S Web of Conferencethis link is disabled, 2021, 264, 03067, [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№5)

28. Norkulov B., Safarov G., Kosimov J., A.Shomurodov, Nazarova Sh.. Reduce the intensity of siltation of bulk reservoirs for irrigation and hydropower purposes. E3S Web of Conferencethis link is disabled, 2021, 264, 03052, [www.scopus.com](http://www.scopus.com). (01.00.00;№5)

## **II бўлим (II часть; II part)**

29. Bazarov D.R., O. Norkulov B., Voxidov.O.F Kurbanov A., Raimova I. Bank destruction in the middle section of the Amudarya River. E3S Web of Conferencethis link is disabled, 2021, 274, 03006, [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

30. Ishankulov Z., Kurseitov A., Nizamiev R., Asadov S., Pateyev A.. The adjustment work canal on the Amudarya in the areas of the damless water intake. E3S Web of Conferences 274, 03005 (2021). [www.scopus.com](http://www.scopus.com).

31. Norkulov B.E. Mamataliev A., Kurbanova U., Nazarova Sh., Shodiev B.. Raimova I.. Increasing efficiency of flow energy damping with lateral water intake. E3S Web of Conferences 365, 03045 (2023). [www.scopus.com](http://www.scopus.com).

32. Norkulov B.E., Khujakulov R., Kurbanov I., Kurbanov A, Jumaboyeva G., Kurbanov A. Regime of deposition of sediments in the head settlement basin of the supply channel of pumping stations. E3S Web of Conferences 365, 03045 (2023). [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

33. Маркова И.М, Базаров Д.Р, Норкулов Б.Э, Могуев А.П, Реконструкция водохозяйственного участка реки западная двина в Смоленской области, Аграрный научный журнал №5,Москва. 2020 г. С.35-39.(06.00.00;№5).

34. Базаров Д.Р, Ишонкулов З., Курбанов А.И, Жумабаева Г.У Натурные исследования разрушения берегов на нижнем участке бесплотинного водозабора. Ўзбекистонда сув ресурсларидан самарали фойдаланишнинг муаммолари ва ечимлари” мавзусида республика миқёсидаги илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. 2021 йил 26-27 март. Қарши шаҳри. Б.38-44

35. Базаров Д.Р, Норкулов Б.Э., Ф. Жамолов. Гидравлические режимы деления потока в бесплотинном водозаборе. Сув ва Ер ресурслари илмий оммабоп журнал. 2020й 4 сон.42-49 б.

36. Базаров Д.Р., Норкулов Б.Э., Ўлжаев Ф.Б., Ишанкулов З.М., Раимова И.Д “Оқимни йўналтирувчи дамбалар ўрнатиш орқали кам сувли даврда тўғонсиз сув олишнинг иш шароитини яхшилашни башорат қилиш”. Электрон хисоблаш машиналари учун яратилган дастур.№ DGU 20202530.

37. Базаров Д.Р., Норкулов Б.Э., Жамолов Ф.Н., Шомуродов А.А. “Кам сувли даврларда дарё оқимининг тезлик майдонларини аниқлаш орқали тўғонсиз сув олишнинг барқарор ишлашини таъминлашни башорат қилиш”. Электрон хисоблаш машиналари учун яратилган дастур.№ DGU 10121.

38. Базаров Д.Р., Норкулов Б.Э., Исломов К.С., Жумабаева Г.У., Салимбаева И.Д “Ўзан тубидаги оқизиклар деформациясини инобатга олиб икки фазали оқимни сонқб хисоблаш дастури”. Электрон хисоблаш машиналари учун яратилган дастур. № DGU 28714.

39. Базаров Д.Р, Норкулов Б.Э., Курбонов А.И. Разработка и совершенствование конструкции отстойника для гидроэнергетики и ирригации. Международная научно-практическая конференция Современные научные решения актуальных проблем. Сборник тезисов научно практической конференции г. Ростов-на-Дону 2021 г. С.55-58.

40. Норкулов Б.Э., Каттакулов Ф., Г.Жумабаева, О.Вохидов. Учет климатических факторов на эксплуатационный режим гидротехнических сооружений бассейна реки Амударья. Ўзбекистонда сув ресурсларидан самарали фойдаланишнинг муаммолари ва ечимлари” мавзусида республика миқёсидаги илмий-амалий анжумани материаллари тўплами 2021 йил 26-27 март. Қарши шаҳри. Б.94-101.

41. Норкулов Б.Э., С.Хидиров, И.Райимова. Экспериментал тадқиқотларда сув ташлаш иншоотларининг эксплуатация режими. Ўзбекистонда сув ресурсларидан самарали фойдаланишнинг муаммолари ва ечимлари” мавзусида республика миқёсидаги илмий-амалий анжумани материаллари тўплами 2021 йил 26-27 март. Қарши шаҳри. б 101-106.

42. Норкулов Б.Э., Ф.К.Артикбекова, К.С.Исламов, Б.Н.Шодиев. Дарёдан тўғонсиз сув олишда оқимнинг гидравлик ва лойқа чўкиндилар режимининг тадқиқот натижалари. Агро процессинг журнали 2023 йил № 2, 52-64 б.

Автореферат «IRRIGATSIYA VA MELIORATSIYA» илмий журнали таҳририятида таҳриридан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз (резюме) тилларидаги матнлари мослиги текширилди (\_\_\_\_\_2024 й.)



№ 10-3279

Bosishga ruxsat etildi: 21.09.2024.  
Bichimi: 60x84 <sup>1/16</sup> «Times New Roman»  
garniturada raqamli bosma usulda bosildi.  
Shartli bosma tabog‘i 3,9. Adadi 100. Buyurtma: № 106  
Tel: (99) 832 99 79; (77) 300 99 09  
Guvohnoma reestr № 10-3279  
“IMPRESS MEDIA” MChJ bosmaxonasida chop etildi.  
Manzil: Toshkent sh., Yakkasaroy tumani, Qushbegi ko‘chasi, 6-uy.