

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА МЕЛИОРАЦИЯ ИНСТИТУТИ,
ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ ВА ТОШКЕНТ
ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ФАН ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ 16.07.2013.Т.23.01
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА МЕЛИОРАЦИЯ ИНСТИТУТИ

МУРАДОВ РУСТАМ АНВАРОВИЧ

**СУВ ИСТЕЪМОЛЧИЛАРИ УЮШМАЛАРИДА
ИРРИГАЦИЯ ВА МЕЛИОРАЦИЯ ТИЗИМЛАРИДАН
Фойдаланишнинг ТЕХНОЛОГИК АСОСЛАРИ**

**06.01.02 - Мелиорация ва суғорма деҳқончилик
(техника фанлари)**

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Докторлик диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата докторской диссертации

Content of the abstract of doctoral dissertation

Мурадов Рустам Анварович

Сув истеъмолчилари уюшмаларида ирригация ва мелиорация тизимларидан
фойдаланишнинг технологик асослари.....3

Мурадов Рустам Анварович

Технологические основы эксплуатации ирригационных и мелиоративных
систем в ассоциациях водопотребителей.....29

Muradov Rustam Anvarovich

Technological bases of operation and maintainace of irrigation and drainage
systems in water consumers associations.....55

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....77

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА МЕЛИОРАЦИЯ ИНСТИТУТИ,
ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ЌУРИЛИШ ИНСТИТУТИ ВА ТОШКЕНТ
ТЕМИР ЙЎЛ МУЊАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ФАН ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ 16.07.2013.Т.23.01
РАЌАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА МЕЛИОРАЦИЯ ИНСТИТУТИ

МУРАДОВ РУСТАМ АНВАРОВИЧ

**СУВ ИСТЕЪМОЛЧИЛАРИ УЮШМАЛАРИДА
ИРРИГАЦИЯ ВА МЕЛИОРАЦИЯ ТИЗИМЛАРИДАН
Фойдаланишнинг ТЕХНОЛОГИК АСОСЛАРИ**

**06.01.02 - Мелиорация ва суғорма деҳқончилик
(техника фанлари)**

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Докторлик диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида 30.09.2014/В2014.5.Т355 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Тошкент ирригация ва мелиорация институтида бажарилган.

Докторлик диссертациясининг тўлиқ матни Тошкент ирригация ва мелиорация институти, Тошкент архитектура-қурилиш институти ва Тошкент темир йўл муҳандислари институти ҳузуридаги фан доктори илмий даражасини берувчи 16.07.2013.Т.23.01 рақамли фан доктори илмий даражасини берувчи илмий кенгаш веб-саҳифасида tiim.uz/tadqiqotchi/dissertatsiya манзилига жойлаштирилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз) веб-саҳифада tiim.uz/tadqiqotchi/avtoreferat манзилига ва «ZIYONET» Ахборот-таълим порталида www.ziyonet.uz манзилига жойлаштирилган.

**Илмий
маслаҳатчи:**

Бараев Фридун Ахмедович
техника фанлари доктори, профессор.

**Расмий
оппонентлар:**

Икрамов Рахимжан Каримович
техника фанлари доктори, профессор

Безбородов Герман Александрович
техника фанлари доктори

Мягков Сергей Владимирович
техника фанлари доктори, профессор

**Етакчи
ташкилот:**

Тошкент давлат аграр университети

Диссертация ҳимояси Тошкент ирригация ва мелиорация институти, Тошкент архитектура-қурилиш институти ва Тошкент темир йўл муҳандислари институтлари ҳузуридаги 16.07.2013.Т.23.01 рақамли илмий кенгаш асосидаги бир марталик илмий кенгашнинг «31» март 2015 йил соат 14⁰⁰даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100000, Тошкент, Қори Ниёзий кўчаси, 39-уй. Тел: (99871) 237-46-68; Факс: (99871) 237-38-79, e-mail: admin@tiim.uz).

Докторлик диссертацияси Тошкент ирригация ва мелиорация институти Ахборот-ресурс марказида 01 рақами билан рўйхатга олинган, диссертация билан АРМда танишиш мумкин (Манзил: 100000, Тошкент, Қори Ниёзий кўчаси, 39-уй. Тел: (99871) 237-19-45, e-mail: admin@tiim.uz).

Диссертация автореферати 2015 йил «27» февралда тарқатилди.
(2015 йил 27 февралдаги № 01 рақамли реестр баённомаси).

М.Х.Ҳамидов

Фан доктори илмий даражасини берувчи бир
марталик илмий кенгаш раиси, қ.-х.ф.д., профессор

И.А.Ахмедходжаева

Фан доктори илмий даражасини берувчи бир марталик
илмий кенгашнинг илмий котиби, т.ф.н., доцент

А.Т.Салоҳиддинов

Фан доктори илмий даражасини берувчи бир марталик илмий
кенгаш ҳузуридаги илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АННОТАЦИЯСИ

Ишнинг долзарблилиги ва зарурияти. Ривожланган мамлакатлар (АҚШ, Япония, Испания, Франция ва бошқалар) тажрибаси ер эгалари орасида сув-ер ресурсларини бошқаришдаги энг самарали орган - нодавлат, нотижорат ва жамоавий ташкилотлар эканлигини кўрсатади. Бундай ташкилотларнинг фаолияти жойлашиши, хўжаликнинг тури ва ўлчамидан катъий назар сув ресурсларини адолатли тақсимланишига, сувни ноқонуний олишнинг олдини олишга, суғориш суви йўқотишларни камайишига, канал, дренаж ва бошқа инфраструктурага техник хизмат кўрсатиш сифатини яхшилашга қаратилган.

Ўзбекистонда янгидан ташкил этилган сув истеъмолчилари уюшмаси (СИУ) – давлат ва сув истеъмолчилари ўртасидаги сув ресурсларини бошқарувчи ва асосий бўғин ҳисобланади. Шунинг учун суғорма деҳқончилиқда сув ресурсларини тежаш ва уюшма аъзоларни сув соҳасидаги фаолиятини мувофиқлаштириш учун СИУни замонавий суғориш техника ва технологиялар ҳамда сув-ер ресурсларни бошқариш бўйича усул ва воситалар билан таъминлаш керак.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2013 йил 19 апрелдаги «Суғориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш ва сув ресурсларидан оқилона фойдаланиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПФ-1958-Фармони, Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2013 йил 19 мартдаги «Ўзбекистон Республикасида сувдан фойдаланиш ва сув истеъмоли тартиби тўғрисидаги Низомини тасдиқлаш» тўғрисидаги №82-сон қарори мазкур илмий-тадқиқот ишларни бажаришга хизмат қилади. Ушбу вазифалар тезкор сувдан фойдаланиш режаларини ишлаб чиқиш ва қишлоқ хўжалиги экин майдонларини мақбуллаштириш усуллари жорий этиш, тупроқнинг намлик динамикасини башорат қилиш усуллари асосида агротехник ва мелиоратив тадбирларни қўллаш самарадорлигини ошириш, лазерли текислаш тадбирларини лойиҳалаштириш ва амалга ошириш технологияларини модернизациялаш орқали сув танқислигини юмшатишга қаратилгандир.

Тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялар тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги. Ушбу тадқиқотлар Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялар тараққиётининг устувор йўналишларига мос ҳолда ИТД-7 «Табиатдан оқилона фойдаланиш ва экология; сув ресурсларини бошқариш ва улардан оқилона фойдаланиш усуллари такомиллаштириш» дастури асосида бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича халқаро илмий-тадқиқотлар шарҳи. Қишлоқ хўжалик экинларини суғоришда сув танқислиги ортиб бораётганлигини ҳисобга олган ҳолда ирригация ва мелиорация тизимлардан самарали фойдаланишнинг технологик асосларини тадқиқ қилиш, уларнинг ишончлилиги ва барқарорлиги ошириш, лойиҳалаш усуллари такомиллаштириш бўйича тадқиқотлар АҚШ, Россия, Хитой, Голландия каби мамлакатларда бу борада кенг қамровли тадқиқотлар олиб борилиб, юқори натижаларга эришилган.

Сув ресурсларини бошқариш бўйича халқаро институти (IWMI),

Ирригация ва дренаж бўйича халқаро қўмита (ICID), Москва давлат табиатни муҳофаза қилиш университети (МГУП), Агрофизика институти (АФИ), ФАО (Food and Agriculture Organization) ва бошқа етакчи илмий марказлар томонидан олиб борилаётган тадқиқотлар сув ресурслар танқислигининг салбий оқибатларини камайтиришга, суғориладиган майдондаги тупроқни намлигини бошқариш жараёнини мақбуллаштиришга, ирригация ва мелиорация жараёнларини ҳамда иқтисодий–математик моделлаштиришни қўллаш орқали суғоришнинг мақбул параметрларини аниқлашга йўналтирилган тадқиқотлар амалга оширилмоқда.

Республикамизда фермер ва деҳқон хўжаликларида экинларни суғориш режаларини тезкор ишлаб чиқиш, қишлоқ хўжалигида экин майдонларини мақбуллаштириш ҳамда систематик ётиқ зовур (СЁЗ) таъсиридаги ҳудудларда турли агротехник ва мелиоратив тадбирларни қўллашда тупроқнинг намлигини ўзгаришини моделлаштириш, ерларни текислаш ишларини лойиҳалаш ва технологиясини такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратиш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Суғориш ва зах қочириш тизимларидан фойдаланишнинг технологик асосларини яратишга, Ўзбекистонда бир қанча етук олимлар томонидан илмий изланишлар олиб борилган. ТИМИ ва Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институтида узок йилларда буён сув ресурслари танқислиги шароитида суғориш ва зах қочириш тадбирларини мақбуллаштириш бўйича ишлар олиб борилмоқда.

Суғориш тартибини ҳисоблаш усуллари (А.Н. Костяков ва бошқалар) биологик мақбул суғориш меъёрларига асосланган бўлиб, бу эса сув таъминоти чекланган шароитига ҳар доим ҳам мос келмайди. Шунинг учун ҳозир қўлланилаётган сувдан фойдаланиш режаси (И.А. Шаров, Н.А. Янишевский, М.Ф. Натальчук, Х.А. Ахмедов, Б.С.Серикбаев) билан бир қаторда сув истеъмолчиларни сувга товар сифатида қарайдиган, ўз ичига сувни тақсимлаш ва иқтисодий самарага эришувчи сувдан фойдаланиш усулларни (В.А. Духовный, Н.Н. Мирзаев, Ф.А. Бараев, С. Кирда, Д.Р.Ниелсон, Л.К.Хенг) жорий этишга талаб ортмоқда.

Бугунги кунда минтақада сув ресурслари захираси чекланганлиги суғориш майдонларида тупроқ намлигини бошқариш бўйича янада аниқроқ ва математик жиҳатдан асосланган усулларни ишлаб чиқиш талаб этилмоқда. Шу давргача бу соҳадаги ўтказилган илмий изланишларда (С.Ф.Аверьянов, Ф.Б. Абуталиев, М.Б. Баклушин, С.В. Нерпин, В.М. Шестаков, А.Ф. Чудновский, М.Г. Маккарти, Б. Ловейс) СЁЗ билан турли агротехник ва мелиоратив тадбирларнинг уйғунликдаги таъсири ўрганилмаган.

Ерларни текислаш ишларини лойиҳалашда чўкувчанлик ҳодисаларни эътиборга олмаслик такрорий текислаш ишларини ўтказиш заруриятини келтириб чиқаради. Мавжуд ер текислаш ишларини лойиҳалаш усуллари ва технологияларда (В.Мартенсен, Н.И. Самсонова, Х.К. Газиёв, А.Н. Ляпин, Р.Х.Базаров, Д.П. Карлтон) тупроқнинг чўкувчанлиги, турли конфигурацияли суғориш майдонидаги ишлар ҳажмини минималлаштириш масалалари

инобатга олинмаган.

Диссертация тадқиқотининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Тадқиқотлар Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлигининг 2003 йилдаги «Сув истеъмолчилари уюшмалари фаолиятини такомиллаштириш бўйича услубий қўлланмаларни ишлаб чиқиш ҳамда фермер ва деҳқон хўжаликларга сувни етказиб бериш бўйича эксплуатацион харажатларини қоплаш ҳисоблари» мавзусидаги ҳамда Тошкент ирригация ва мелиорация институтининг 2006-2013 йилларга мўлжалланган илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади. Диссертация ишининг мақсади Ўзбекистонда СИУлар учун суғориш сувлари танқислиги ортиб бораётган шароитда суғориш ва зах қочириш тизимларидан фойдаланишнинг илмий асосланган технологик асосларини ишлаб чиқиш.

Мақсадга эришиш учун ишда қуйидаги **тадқиқот вазифалари** қўйилди:
сув ресурслари танқислиги шароитида сувдан фойдаланиш режасини тезкор тузатиш услубини ишлаб чиқиш;

суғориш суви танқислигида қишлоқ хўжалик экинлари майдонини тезкор мақбуллаштириш услубини ишлаб чиқиш;

сув танқислиги даражасини инобатга олган ҳолда қишлоқ хўжалик экинлари майдони ва суғориш суви ҳажмларини мақбуллаштириш услубини ишлаб чиқиш;

автоморф тупроқларда намликни башоратлаш учун математик модел яратиш;

тупроқни юза қисмидаги намлик оқими миқдорини аниқлаш;

СЁЗ таъсирида сизот сувлар сатҳининг ўзгаришини кузатиш;

СЁЗ филтрацион қаршилиги ва сарфи динамикасини баҳолаш;

суғориладиган майдонларда қўлланилаётган агротехник ва мелиоратив тадбирларни инобатга олган ҳолда ҳажмий намлик моделини ишлаб чиқиш;

тупроқларни чўкувчанлик хоссасини инобатга олиб, ер текислаш ишларини лойиҳалаштириш услуби ва технологиясини такомиллаштириш.

Тадқиқот объектлари сифатида Тошкент вилояти, Қуйи Чирчиқ тумани «Сайрам суви» ва «Қорасув» СИУ, Сурхондарё вилояти, Қумқўрғон тумани «Н.Мирзаев» номли СИУ, Сурхондарё вилояти, Жарқўрғон тумани «Сурхон» СИУ, Жиззах вилояти, Зомин тумани «Ғолиб суви» СИУ, Самарқанд вилояти, Каттақўрғон тумани «Мадат сув-ЖРК» СИУ ва Сирдарё вилояти, Мирзаобод тумани «Янгиобод» СИУларининг суғориладиган экин майдонлари танланган.

Тадқиқот предмети – сув тақсимооти ва қишлоқ хўжалиги экинлари майдонини мақбуллаштириш бўйича иқтисодий-математик моделлари, намликни сақловчи тупроққа ишлов бериш технологиялари ва намликни ўтказиш моделлари ҳамда чўкувчан грунтларда лазерли ер текислаш технологиялари.

Тадқиқот усуллари мавжуд фонд ва нашр этилган адабиётларни умумлаштириш ва илмий таҳлил қилиш, Тошкент ирригация ва мелиорация институти, ТИМИ қошидаги Ирригация ва сув муаммолари ИТИ, Пахта селекцияси, уруғчилиги ва етиштириш агротехнологиялари ИТИ,

Тупроқшунослик ва агрокимё ИТИ услубий қўлланмаларига мос равишда лаборатория ва дала шароитида тадқиқотларни ўтказиш, гидрологик, гидрогеологик ва тупроқ-мелиоратив жараёнлар динамикаси ва йўналишини замонавий техник мосламалар ва математик усуллар ёрдамида мониторинг қилиш ва моделлаштиришларни ўз ичига олади.

Диссертация тадқиқотининг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

турли сув таъминоти шароитида суғориш сувининг маҳсулдорлигини ошириш ва сув-ер ресурсларидан самарали фойдаланишга эришувчи сувни тақсимлаш услуби яратилган;

систематик ётиқ зовур таъсирида сизот сувлари сатҳи динамикасини башорат қилиш бўйича услуб тайёрланган;

илк бор ўсимликнинг илдиз тизимини ривожланиши, тупроқни ҳайдов қатлами ва сизот сувлари сатҳи чуқурлигини инобатга олган ҳолда эвапотранспирация миқдорини аниқлаш усули ишлаб чиқилган;

илк бора систематик ётиқ зовур ва қўлланилаётган технологиялар: анъанавий технология (илдиз – ҳайдов – ҳайдов ости қатламлар); қатлам-қатлам юмшатиш (илдиз – ҳайдов ости қатламлар); тупроқда новегетация даврида намликни тўплаш учун ерни чуқур юмшатиш (ҳайдов – ҳайдов ости қатламлар) таъсирида тупроқ намлиги ўзгаришини башорат қилиш бўйича услуб ишлаб чиқилган;

чўкувчан тупроқларда ер текислаш ишларини лойиҳалаштириш янги усули ва технологияси яратилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

суғориш сувининг маҳсулдорлигини ошириш ҳамда сув-ер ресурсларидан самарали фойдаланиш учун қишлоқ хўжалиги экинлари орасида сувни тақсимлаш, экин майдонларини мақбуллаштириш, қишлоқ хўжалиги экинлари майдонлари ва улар орасидаги сувни тақсимлаш бўйича турли сув таъминоти шароити учун иқтисодий-математик ЭҲМ дастурлари ишлаб чиқилган;

автоморф тупроқлардаги намлик ўзгаришининг таккомиллаштирилган моделлари таклиф этилган;

ўсимликнинг илдиз тизимини ривожланиши, тупроқ ҳайдов қатлами ва сизот сувлари сатҳи чуқурлигини ҳисобга олган ҳолда, тупроқ юзасидаги оқим миқдорини аниқлаш усули яратилган;

систематик ётиқ зовур таъсирида сизот сувлари сатҳи ўзгаришини башорат қилиш модели таклиф этилган;

систематик ётиқ зовур фильтрацион қаршилиги ва сув сарфининг ўзгариш формулалари ишлаб чиқилган;

систематик ётиқ зовур таъсирида суғориладиган ерларда тупроқ намлиги ўзгаришини башоратлаш учун анъанавий; қатлам-қатлам юмшатиш; тупроқда новегетация даврида намликни тўплаш технологиялари учун математик моделлар, алгоритмлар ва ЭҲМ дастурлари таклиф этилган;

чўкувчан тупроқларда такомиллаштирилган ер текислаш ишларини лойиҳалаштириш усули ва технологияси яратилган.

Олинган натижаларнинг ишончлилиги мелиоратив жараёнларни тадқиқ қилишда умумқабул қилинган илмий услублар, стандартлашган ва ишлаб чиқариш ҳамда дала шароитида апробациядан ўтган тадқиқот услубларнинг қўлланиши билан тасдиқланган. Хулосалар назарий ҳисоблашларга мос келувчи экспериментал натижаларга асосланган.

Тадқиқот натижаларини назарий ва амалий аҳамияти мелиоратив жараёнлар йўналишини башорат қилиш ва уни бошқариш ҳамда Ўзбекистоннинг суғориладиган ҳудудларида сув-ер ресурсларидан самарали фойдаланиш технологик усуллари илмий асослашдан иборат. Тадқиқот натижаларини қўллаш суғориш сувлари танқислигидан кўриладиган зарарни камайтириш, агротехник ва мелиоратив технологияларни мақбуллаштиришга ҳамда сув ресурслари танқислиги шароитида деҳқончиликнинг илмий асосланган барқарор тизимини олиб боришга имкон беради.

Тадқиқот натижаларнинг жорий қилиниши.

Тадқиқотлар натижалари асосида ишлаб чиқилган сувдан фойдаланиш режаларини тезкор тузиш ҳамда ерларни лазерли текислаш бўйича технологиялар Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлиги тизимидаги корхоналарда жорий этилган. Сув танқислиги шароитида анъанавий усулда жами даромад 435,9 минг сўм, таклиф этилган усулда эса 719,38 минг сўмни ташкил этган ва хўжаликларда иқтисодий самара гектарига 283,48 минг сўмга ошиши аниқланган (Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлигининг 15.01.2015 й., 04/29-103-сонли маълумотномаси);

Диссертация натижалари Осиё тараққиёт банкининг «Донли экинлар ҳосилдорлигини ошириш» лойиҳаси доирасида «Сайрам суви», «Қорасув», «Ғолиб суви» ва «Мадат сув-ЖРК» сув истеъмолчилари уюшмаларида жорий этилган бўлиб, иқтисодий самара гектарига 10-15 АҚШ долларини ташкил этган (Mott MacDonald Environmental Consultants Ltdнинг 26.01.2009 й., 213905/01/012609-сонли маълумотномаси);

Тадқиқотлардан олинган назарий ечимлар «Ўзбекистон Республикасида 2013-2027 йилларда сув ресурсларидан оқилона фойдаланишнинг комплекс тизимлари» лойиҳасида қўлланилиб келинмоқда (Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлигининг 20.01.2015 й., 04/29-254-сонли, «Сувлойиҳа» сув хўжалиги иншоотларни лойиҳалаш бирлашмасининг 2.12.2014 й., 02-13 ГСХ №02 -сонли маълумотномаси).

Ишнинг апробацияси. Диссертация мавзуси бўйича асосий илмий ҳолатлар ва натижалар халқаро ва минтақавий илмий-техник анжуманлар: «Ўзбекистон Республикаси қишлоқ хўжалигида сув ва ресурстежамкор технологиялар» халқаро илмий-амалий анжуманида (Тошкент, 2008 й.), «Сув танқислиги ва бозор шароитига ўтиш даврида ер ва сув ресурсларидан фойдаланишнинг долзарб муаммолари» мавзусидаги ёш олимларнинг 7 – амалий анжумани (Тошкент, 2008 й.), «Мелиорация ва мелиоратив ҳолати яхшиланган ерларнинг самарадорлигини ошириш» халқаро илмий-амалий анжуманида (Минск, 2009 й.), «Ер ва сув ресурсларидан фойдаланишнинг долзарб муаммолари» мавзусидаги ёш олимларнинг 8 – амалий анжумани (Тошкент, 2009 й.), ТИМИ профессор-ўқитувчиларининг илмий-ишлаб чиқариш анжуманларида (2008-2014 йй.), «Ўзбекистонда сув ресурсларидан

турғун фойдаланиш» Олий мажлис Сенати ва UNESCOнинг семинар-тренингида, Осиё тараққиёт банкининг «Дон экинлари ҳосилдорлигини ошириш», БМТ тараққиёт дастурининг «Суғориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш Жамғармасы салоҳиятини ошириш» лойиҳалари доирасидаги тренингларда ва бошқа илмий йиғилишлар, конференциялар ва симпозиумларда муҳокама қилинган.

Ишларнинг асосий материаллари илмий ҳисобот ва маърузалар сифатида ТИМИ (2005-2014 йиллар), ЎзР ФА Сув муаммолари институти ва бошқа ишлаб чиқариш ҳамда илмий ташкилотлар (2005-2011 йиллар) илмий кенгашларида кўриб чиқилган.

Натижаларнинг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича 38 та мақола нашр этилган, ундан 12 таси маҳаллий ва 2 таси хорижий даврий илмий нашрларда чоп этилган.

Диссертация тузилиши ва ҳажми. Диссертация 200 varaқ компьютер текстида баён этилган бўлиб кириш, 3 қисм, хулоса ва иловадан иборат бўлиб 46 расм ва 20 жадвални ўз ичига олган. Библиография 277 та адабиётни ўз ичига олган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация тадқиқотининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари ҳамда объект ва предметлари шакллантирилиб, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган. Олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамиятлари кенг очиб берилиб, тадқиқот натижаларини жорий қилиш рўйхати, нашр этилган ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Биринчи қисмда сув-ер ресурсларининг замонавий ҳолати ва улардан суғорма деҳқончиликда фойдаланиш самарадорлигини ошириш истиқболлари таҳлил қилинган, шу жумладан мелиорация тизимлари техник ҳолати, суғориш ва заҳ қочириш муаммолари, суғориладиган ерлар сифат тавсифлари ҳамда Ўзбекистон СИУларининг ривожланиш масалалари кўриб чиқилган.

Иккинчи қисмда сув танқислиги шароитида сувдан фойдаланишнинг иқтисодий-математик моделларини тузиш масалалари кўрилган, тезкор сувдан фойдаланишнинг иқтисодий-математик моделлари ва сувдан фойдаланиш режасини тузиш ва амалга оширишнинг мавжуд ёндашувлари таҳлил этилган, сувдан фойдаланишнинг тезкор тадбирлари таклиф этилган.

СИУ аъзолари (сув истеъмолчилари ва сувдан фойдаланувчилари) орасида ҳўжалик ички сув тақсимооти, назарий асосларини илк бор академик А.Н. Костяков ва проф. Н.А. Янишевский томонидан яратган бўлиб тизим ва ҳўжалик сувдан фойдаланиш режалари асосида амалга оширилади. Кейинчалик бу ишлар акад. И.А. Шаров, С.Р. Офенгендея, В.А. Шаумян, М.Ф. Натальчук, проф. Х.А. Аҳмедов, проф. Б.С. Серикбаев, т.ф.н. Н.Н. Мирзаев, проф. Ф.А. Бараев ҳамда бошқа хорижий олимлар томонидан такомиллаштирилди.

Таклиф этилаётган иқтисодий математик модель фермер ёки деҳқон

хўжалигига сув танқислиги зарарини камайтириш ёки умуман бартараф этишда қўлланиладиган тадбирлар мажмуасини жорий этишга имкон беради. Модель асосида суғориш суви билан таъминланганлик билан қишлоқ хўжалиги экинлари ҳосилдорлиги орасидаги боғланишни ифодаловчи формула (Н.Н. Мирзаев) ётибди:

формулада $A_0 = 1,23K_1K_2K_3$, бу ерда K_1 - қишлоқ хўжалиги экиннинг биологик коэффиценти; K_2 – иклим коэффиценти; K_3 –тупроқ-мелиоратив шароитни ҳисобга олувчи коэффицент; U_{iopt} , U_i – норматив ва факт суғориш меъёридаги қишлоқ хўжалиги экинларининг ҳосилдорлиги, ц/га; M_{iopt} , M_i , – режавий ва факт суғориш меъёрлари, м³/га; i –қишлоқ хўжалиги экин тури.

$$\left\{ \begin{array}{l} (P_1 - C_1)Y_1 \cdot F_1 + (P_2 - C_2)Y_2 \cdot F_2 + ... + (P_n - C_n)Y_n \cdot F_n = G_{max} \\ Y_1 = -A_1 \cdot Y_{1opt} \left(\frac{M_1}{M_{1opt}} - 1 \right)^2 + Y_{1opt} \\ Y_2 = -A_2 \cdot Y_{2opt} \left(\frac{M_2}{M_{2opt}} - 1 \right)^2 + Y_{2opt} \\ \\ Y_n = -A_n \cdot Y_{nopt} \left(\frac{M_n}{M_{nopt}} - 1 \right)^2 + Y_{nopt} \\ M_1 \cdot F_1 + M_2 \cdot F_2 + ... + M_n \cdot F_n = K_{JHM} (M_{1opt} \cdot F_1 + M_{2opt} \cdot F_2 + ... + M_{nopt} \cdot F_n) \end{array} \right. \quad (2)$$

бунда G_{max} – қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини сотишдан олинадиган фойда, сўм/ц; P_i — қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини сотиш нарҳи, сўм/ц; C_i — қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини ишлаб чиқишдаги харажатлар, сўм/ц; Y_i , F_i – қишлоқ хўжалиги экинлари ҳосилдорлиги, майдони, ц/га, га.

1-жадвал.

Вариантлар		Пахта	Макка- жўхори	Картош- ка	Мош	Поми- дор	Жами
Сугориш меъёри, м³/га							
Биологик мақбул	Факт	5000	3500	3000	2500	2000	16000
Анъанавий усул бўйича	Ҳисоб	3500	2450	2100	2000	1400	11200
Таклиф этилаётган усул	Ҳисоб	5000	1189	3000	370	1641	11200

Таклиф этилаётган усул бўйича	Ҳисобий майдон, га	44	10	7	3	3	67
	Ҳисобий суғориш меъёри, м³/га	2100	5000	4100	3450	2940	
Ҳосилдорлик, ц/га							
Биологик мақбул	Факт	80	61	135	120	14	
Анъанавий усул бўйича	Ҳисоб	44	32	71	63	7	
	Назорат	46	30	68	57	9	
Таклиф этилаётган усул бўйича	Ҳисоб	80	61	135	120	14	
	Тажриба	78	56	115	110	18	
Даромад, минг сум							
Биологик мақбул	Факт	2 400	6 863	23 085	17 520	7 000	56 868
Анъанавий усул бўйича	Ҳисоб	1 320	3 600	12 141	9 198	3 500	29 759
	Назорат	1 380	3 375	11 628	8 322	4 500	29 205
Таклиф этилаётган усул бўйича	Ҳисоб	21 120	2 745	10 773	2 628	10 500	47 766
	Тажриба	20 592	2 520	9 177	2 409	13 500	48 198

Жадвал маълумотларига мувофиқ, бугунги кунда кўплаб фермер ва томорқа эгалари томонидан қўлланилиб келинаётган анъанавий (тартибсиз) усул эмас, балки биз таклиф этган усулга амал қилган хўжаликлар максимал даромад олганлиги кўринмоқда.

Суғориш суви танқислиги шароитида қишлоқ хўжалиги экин майдонлари ва суғориш ҳажмларини мақбуллаштиришнинг иқтисодий-математик модели. Арид минтақаси ва сув ресурслари ўзгарувчанлиги шароитида максимал даромад олиш учун ҳам суғориш суви миқдори ҳам экин майдонларини ўзгартириш лозим. Ушбу масалани ечиш учун турли сув танқислиги шароитида экин майдонлари ва суғориш суви ҳажмларини мақбуллаштиришнинг иқтисодий-математик модели ишлаб чиқилган бўлиб, унинг асосида қуйидаги тенгламалар тизими ётибди:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^N (P_i - C_i) Y_i F_{i\text{opt}} = G_{\max}; \quad \sum_{i=1}^N M_{i\text{opt}} F_{i\text{opt}} = K_{\text{ЛИМ}} \sum_{i=1}^N M'_{\text{инор}} F'_i = W; \quad F = \sum_{n=1}^N F_i; \\ F_{1\text{opt}} = f_1 F; \quad W_1 = w_1 W; \quad M_1 = \frac{W_1}{F_{1\text{opt}}}; \quad Y_1 = -A_1 \left(\frac{M_1}{M_{1\text{opt}}} - 1 \right)^2 + Y_{1\max}; \\ F_{2\text{opt}} = f_2 F; \quad W_2 = w_2 W; \quad M_2 = \frac{W_2}{F_{2\text{opt}}}; \quad Y_2 = -A_2 \left(\frac{M_2}{M_{2\text{opt}}} - 1 \right)^2 + Y_{2\max}; \\ \dots\dots\dots \\ F_{N\text{opt}} = f_N F; \quad W_N = w_N W; \quad M_N = \frac{W_N}{F_{N\text{opt}}}; \quad Y_N = -A_N \left(\frac{M_N}{M_{N\text{opt}}} - 1 \right)^2 + Y_{N\max} \end{array} \right. \quad (4)$$

бунда f_i , w_i — экин майдонининг умумий майдонга нисбати ҳамда экинга бериладиган сувни умумий лимит ҳажмига нисбати.

Қуйида келтирилган умумлаштирилган 3-жадвал, 5та қишлоқ хўжалиги экин майдони ҳамда уларга бериладиган суғориш суви миқдорини мақбуллаштиришга имкон беради. Шунингдек, ҳосилдорлик ва даромадни

ҳисобий ва дала тажрибалари асосидаги факт қийматлари ушбу жадвалда келтирилган.

3-жадвал

Бешта экин майдони ва суғориш суви миқдорини мақбуллаштириш

Вариантлар		Беда	Маккажў-хори	Кар-тошка	Поми-дор	Мош	Жами
Биологик мақбул	Майдон, га	1	2,5	0,5	1	2	7
	Суғориш меъёри, м ³ /га	2100	5000	4100	3450	2940	
Анъанавий усул	Суғориш меъёри, м ³ /га	1785	4250	3485	2932,5	2499	
Таклиф этилаётган усул	Майдон, га	2	1,5	1	0,5	2	7
	Суғориш меъёри, м ³ /га	2000	4300	4050	3400	2940	
Ҳосилдорлик, ц/га							
Биологик мақбул	Факт	80	61	135	120	14	
Анъанавий усул	Ҳисоб	73,8	56,2	119,4	111,4	12,8	
	Назорат	74,1	55,4	121,3	110,2	13,4	
Таклиф этилаётган усул	Ҳисоб	77,6	59,4	129,4	117,3	13,7	
	Тажриба	78	56	125	115	14	
Даромад, минг сўм							
Биологик мақбул	Сув танқислигисиз	480,0	686,3	769,5	876,0	7 000,0	9 811,8
Анъанавий усул	Ҳисоб	442,8	632,3	680,6	813,2	6 400,0	8 968,9
	Назорат	444,6	623,3	691,4	804,5	6 700,0	9 263,7
Таклиф этилаётган усул	Ҳисоб	931,2	401,0	1 475,2	428,1	6 850,0	10 085,5
	Тажриба	936,0	378,0	1 425,0	419,8	7 000,0	10 158,8

Жадвал маълумотларига мувофиқ, қишлоқ хўжалик экин майдонлари ва сув ҳажми таклиф этилган усулга мувофиқ мақбуллаштирилган хўжаликларда даромад бугунги кунда кўплаб фермерлар томонидан қўлланилаётган усулга нисбатан ўсганлигини кўриш мумкин.

Учинчи қисмда тупроқ намлиги ва чўкувчан грунтларда ер текислаш технологияси бўйича тадқиқотлар кўрилган. Минтақадаги сув ресурслари чекланганлиги суғориш даласида янада аниқроқ ҳамда математик асосланган намликни бошқариш усуллари ишлаб чиқишни талаб қилмоқда. Бу каби ишлар С.Ф. Аверьянов, Ф.Б. Абуталиев, Ф.А. Бараев, П.Я. Полубаринова-Кочина, Р.К. Икрамов, С.В. Нерпин, Б.С. Серикбаев, В.М. Шестаков, А.Ф. Чудновский, Гарднер, Клют, Ричардс, Чайлдс, Дж. Филипп ва шу каби бошқа йирик олимлар томонидан олиб борилган. Тадқиқотлардаги ечимлар ЁСЗ ишини таъсири ҳисобга олинмасдан бажарилганлиги ҳамда намлик ўтказиш ва диффузия коэффицентлари ўзгармас деб қабул қилинганлигини алоҳида таъкидлаш лозим.

Ўсимлик ривожланишининг бошланғич даврида автоморф тупроқларда намлик ўтказиш динамикаси. Ҳозирги вақтгача ўтказилган тадқиқотлар агроэкологик ҳосилдорлигини бошқаришни соддалаштирилган кўринишлари нотўғрилигини кўрсатмоқда, чунки бунда ёки бир нечта ўзаро боғлиқ кўрсаткичлари ўзгариши ёки одатда корреляцион ва регрессия

таҳлиллари бўйича олинган - бирлаштирилган кўрсаткичлар қиймати эътиборга олиниб, улар «тупроқ – сув - ўсимлик» тизимида содир бўлувчи реал жараёнларни ҳар доим ҳам тўлиқ очиб бера олмайди.

Автоморф тупроқларда ўсимликни бошланғич ривожланиш даврида, транспирациядан воз кечиш мумкин бўлган, икки қатламли ҳайдов ва ҳайдов ости қатламдан иборат муҳит учун қуйидаги модел қўлланилади:

$$\begin{cases} \frac{d}{dz} \left[D_1(W_1) \frac{dw_1}{dz} \right] - \frac{dK_1(W_1)}{dz} = 0, (0 \leq z \leq z_1) \\ \frac{d}{dz} \left[D_2(W_2) \frac{dw_2}{dz} \right] - \frac{dK_2(W_2)}{dz} = 0, (z_1 \leq z \leq L) \end{cases} \quad (5)$$

$$W(0) = W_{\text{пп}} = \text{const}, \quad W_1(z_1) = W_2(z_1)$$

$$\left[K_1(W_1) - D_1(W_1) \frac{dW_1}{dz} \right]_{z=z_1} = \left[K_2(W_2) - D_2(W_2) \frac{dW_2}{dz} \right]_{z=z_1}$$

$$W_2(L) = W_{\text{пб}}$$

бунда ҳайдов ва ҳайдов ости қатламлар учун мос равишда: W_1, W_2 –ҳажмий намлик микдорлари; намлик ўтказиш коэффициентлари қуйидаги кўринишда: $K_1(W_1) = A_1 e^{A_2 z}, K_2(W_2) = B_1 e^{B_2 z}$. Стационар режим кўриб чиқиладиганлиги учун диффузия коэффициентлари сифатида уларнинг ўртача қийматлари олинган: $D_1(W_1) = D_1 = \text{const}, D_2(W_2) = D_2 = \text{const}$; L – сизот сувлар чуқурлиги, м; z_1 - ҳайдов ва ҳайдов ости қатламлар орасидаги чегара чуқурлиги, м; $W_{\text{пп}}$ - сўлиш W_3 ва чегаравий $W_{\text{пбв}}$ намлик орасидаги намлик, яъни $W_3 < W_{\text{пп}} < W_{\text{пбв}}$, $W_{\text{пбв}}$ - тўлиқ намлик сифими; Z - ер сатҳидан пастга йўналтирилган тик координата. Юқоридаги масалани ечиб, ҳажмий намликни z функцияси сифатида оламиз:

$$W_1(z) = \frac{A_1}{A_2 D_1} (e^{A_2 z} - 1) + \frac{z}{G} \left[W_{\text{пб}} - W_{\text{пп}} + \frac{A_1}{A_2 D_1} - \frac{B_1}{B_2 D_2} (e^{B_2 L} - e^{B_2 z_1}) - \frac{A_1}{A_2 D_1} e^{A_2 z_1} \right] + W_{\text{пп}} \quad (6)$$

$$0 \leq z \leq z_1$$

$$W_2(z) = W_{\text{пб}} - \frac{B_1}{B_2 D_2} (e^{B_2 L} - e^{B_2 z}) - \frac{D_1(L-z)}{D_2 G} \left[W_{\text{пб}} - W_{\text{пп}} + \frac{A_1}{A_2 D_1} - \frac{B_1}{B_2 D_2} (e^{B_2 L} - e^{B_2 z_1}) - \frac{A_1}{A_2 D_1} e^{A_2 z_1} \right], \quad (7)$$

$$z_1 \leq z \leq L$$

Илдиз қатлами ривожланишини ҳисобга олиб автоморф тупроқларда намлик ўтказишни боғланиши. Илдиз тизими ҳайдов қатламида жойлашгани учун E_T транспирацияни инобатга олмаслик мумкин эмаслиги (6) масаланинг ўрнига қуйидагиси кўрилади:

$$\begin{cases} \frac{d}{dz} \left[D_1(W_1) \frac{dW_1}{dz} \right] - \frac{dK_1}{dz} - \frac{12E_T}{7(\delta + u_*)} \left[1 - \frac{z}{2(\delta + u_*)} - \frac{z^2}{2(\delta + u_*)^2} \right] = 0, & (0 \leq z \leq \delta + u_*) \\ \frac{d}{dz} \left[D_1^*(W_1^*) \frac{dW_1^*}{dz} \right] - \frac{dK_1^*}{dz} = 0, & (\delta + u_* \leq z \leq z_1) \\ \frac{d}{dz} \left[D_2(W_2) \frac{dW_2}{dz} \right] - \frac{dK_2}{dz} = 0, & (z_1 \leq z \leq L) \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{aligned}
W_1(z)|_{z=0} &= W_{III} = const & W_1(\delta + u_*) &= W_1^*(\delta + u_*) \\
\left[K_1(W_1) - D_1(W_1) \frac{dW_1}{dz} \right]_{z=\delta+u_*} &= \left[K_1^*(W_1^*) - D_1^*(W_1^*) \frac{dW_1^*}{dz} \right]_{z=\delta+u_*} & W_1^*(z_1) &= W_2(z_1) \\
\left[K_1^*(W_1^*) - D_1^*(W_1^*) \frac{dW_1^*}{dz} \right]_{z=z_1} &= \left[K_2(W_2) - D_2(W_2) \frac{dW_2}{dz} \right]_{z=z_1} & W_2(L) &= W_{IV} = const
\end{aligned}$$

Юқоридаги белгиларга қўшимча қилиб қуйидагиларни қўшамиз:

$$K_1^*(W_1^*) = A_1^* e^{A_2^* z}, \quad D_1^*(W_1^*) = D_1^* = const$$

δ – илдиз тизимининг чуқурлиги; $U = \delta + u_*$ - ўсимлик илдизлари билан намликни тортиш мумкин бўлган чуқурлик. Бунда қуйидаги шарт бажарилади:

$$\frac{12E_T}{7(\delta + u_*)} \int_0^{\delta+u_*} \left[1 - \frac{z}{2(\delta + u_*)} - \frac{z^2}{2(\delta + u_*)^2} \right] dz = E_T \quad (9)$$

Қуйидаги белгиларни киритамиз:

$$\begin{aligned}
P &= D_1 D_2 (z_1 - U) + D_1^* D_2 U + D_1^* D_1 (L - z_1) \\
\Phi_1 &= W_{IV} - W_{III} - \frac{B_1}{B_2 D_2} [e^{B_2 L} - e^{B_2 z_1}] - \frac{A_1^*}{A_2^* D_1^*} [e^{A_2^* z_1} - e^{A_2^* U}] - \frac{A_1}{A_2 D_1} [e^{A_2 U} - 1] + \\
&+ \frac{3A_5 U^2}{8D_1} - \frac{7A_5 U}{12D_1} \left[\frac{z_1 - U}{D_1^*} - \frac{L - z_1}{D_2} \right]
\end{aligned}$$

Ҳажмий намлик чуқурлик функцияси сифатида бундай кўринишга эга бўлади:

$$\begin{aligned}
W_1(z) &= W_{III} + \frac{A_1}{A_2 D_1} [e^{A_2 z} - 1] + \frac{12E_T z^2}{7D_1^2 (\delta + u_*)} \left[\frac{1}{2} - \frac{z}{12U} - \frac{z^2}{24U^2} \right] + D_1^* D_2 \frac{\Phi_1}{P} z \quad 0 \leq z \leq \delta + u_* \\
W_1^*(z) &= \frac{A_1^*}{A_2^* D_1^*} [e^{A_2^* z} - e^{A_2^* (\delta + u_*)}] + z \left[D_1 D_2 \frac{\Phi_1}{P} + \frac{7A_5 (\delta + u_*)}{12D_1^*} \right] + \frac{A_1}{A_2 D_1} (e^{A_2 (\delta + u_*)} - 1) + \\
&+ W_{III} - \frac{3A_5 (\delta + u_*)^2}{8D_1} + \left[(D_1^* - D_1) D_2 \frac{\Phi_1}{P} - \frac{7A_5 (\delta + u_*)}{12D_1^*} \right] (\delta + u_*) \\
&\quad \delta + u_* \leq z \leq z_1 \\
W_2(z) &= W_{IV} - \frac{B_1}{B_2 D_2} (e^{B_2 L} - e^{B_2 z}) + (L - z) \left[D_1 D_1^* \frac{\Phi_1}{P} + \frac{7A_5 (\delta + u_*)}{12D_2} \right] \\
&\quad z_1 \leq z \leq L
\end{aligned} \quad (10)$$

Ер сатҳида намлик оқим миқдорини аниқлаш усули. Мазкур ишда тупроқ ҳажмий намлиги, сўлиш намлиги ва чегаравий дала намлиги орасида ўзгариши инобатга олинган. Шунингдек, намлик ва озуқа моддалар ҳаракат қонуниятларини ўрганишда ҳамда «тупроқ – сув - ўсимлик» тизимида реал жараёни тасвирлашда нафақат муҳит қатламли тузилишини, балки вегетация даврида ўсимлик органларининг ривожланганлик даражасини инобатга олиш зарур.

Илдиз тизими ҳайдов қатламида жойлашганида ҳамда E_T транспирацияни инобатга олмаслик мумкин эмаслиги шароитида намлик ўзгариш қонунияти (10) айниятга мувофиқ топилади. Агар (6) масаладаги чегаравий қиймат ўрнига $W_1(z)|_{z=0} = W_{III} = const$ боғланиш қабул қилинса, (10), у ҳолда тенгламадаги биринчи айният қуйидаги кўринишда бўлади ($0 \leq z \leq \delta + u_*$):

$$W_1(z) = \frac{1}{D_1} \left\{ \frac{6z^2 E_T}{7(\delta + u_*)} \left[1 - \frac{z}{6(\delta + u_*)} - \frac{z^2}{12(\delta + u_*)^2} \right] - \frac{A_1}{A_2} (e^{A_2(\delta + u_*)} - e^{A_2 z}) - E_\phi [z - (\delta + u_*)] \right\} -$$

$$- \left[A_1 e^{A_2(\delta + u_*)} + E_T - E_\phi \left(\frac{L - z_1}{D_2} + \frac{z_1 - (\delta + u_*)}{D_1^*} \right) - \frac{B_1}{B_2 D_2} (e^{B_2 L} - e^{B_2 z_1}) - \right.$$

$$\left. - \frac{A_1^*}{A_2^* D_1^*} (e^{A_2^* z_1} - e^{A_2^*(\delta + u_*)}) - \frac{9E_T}{14D_1} (\delta + u_*) + W_{IPB} \right];$$
(11)

(7) ва (10) тенгламаларни $z=0$ тенглаштириб E_ϕ ни аниқлаймиз:

$$E_\phi = \frac{W_{IP} - W_{IPB} - \frac{B_1}{B_2 D_2} (e^{B_2 L} - e^{B_2 z_1}) + \frac{A_1^*}{A_2^* D_1^*} (e^{A_2^* z_1} - e^{A_2^* u}) + \frac{9E_T}{14D_1} u + \frac{A_1}{A_2 D_1} (e^{A_2 u} - 1) + (A_1 e^{A_2 u} + E_T) \left[\frac{L - z_1}{D_2} + \frac{z_1 - u}{D_1^*} \right]}{\frac{u}{D_1} + \left[\frac{L - z_1}{D_2} + \frac{z_1 - u}{D_1^*} \right]}$$
(12)

(12) айният ер сатҳидаги намлик оқими ва намлик сиғими орасидаги тўғри пропорционал боғлиқлиги тўғрисидаги Ж.Филипп фаразини тасдиқламоқда.

СЁЗ мавжудлигида сизот сувлар сатҳининг ҳолатини аниқлаш. Сизот сувлар сатҳини аниқлашда, дастлабки дифференциал тенглама сифатида параболик турдаги хусусий ҳосилавий тенглама, яъни А.Я. Олейникни тўғри чизиқли тенграмаси қўлланилади:

$$m_0 \frac{\partial h}{\partial t} = K_1 h_{CP} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + a_1 - b_1 h + \varepsilon(t)$$
(13)

бунда m_0 – грунт ғоваклилиги; h – x – фазовий координата ва t вақт функцияси бўлган сизот сувлар сатҳи, бунда ётиқ зовур қуйи қисмидан ўлчанади, h_{CP} – қаралаётган вақт оралиғи учун сизот сувлар сатҳининг ўртача қиймати; K_1 – СЁЗ жойлашган муҳитнинг филтрация коэффиценти; $\varepsilon(t)$ – инфильтрация жадаллиги.

$$a_1 = \frac{W_0 h_{KP}}{m_B - h_{KP}}; \quad b_1 = \frac{W_0}{m_B - h_{KP}}$$

бунда $W_0 - h = m_B$ бўлганида ер сатҳидан буғланиш қиймати; h_{KP} – сизот сувлар сатҳидан бўладиган буғланиш тўхтайдиган сизот сувларнинг критик чуқурлиги.

(13) тенгламанинг хусусий ечими қуйидаги кўринишда топилади:

$$h(x, t) = \alpha(t) R(x) + \beta(t)$$
(14)

бунда

$$R(x) = C_1 sh\sqrt{\nu}x + C_2 ch\sqrt{\nu}x$$

(14) ҳисобга олиб ва (13) ишлаб қуйидаги кўринишда айниятни оламиз:

$$h(x, t) = - \frac{ch\sqrt{\nu}(L - x)[h(L, 0) - h(0, 0)]}{ch\sqrt{\nu}L - 1} e^{\frac{b_1 - k_1 h_{CP} \nu t}{m_0}} + \left[h(L, 0) + \frac{h(L, 0) - h(0, 0)}{ch\sqrt{\nu}L - 1} - \frac{a_1}{b_1} \right] e^{\frac{b_1 t}{m_0}} + \frac{a_1}{b_1} + \frac{\varepsilon}{b_1}$$
(15)

Шуни таъкидлаш лозимки, вегетация даврида $\varepsilon=0$, $W_{IP} \neq 0$, новегетация даврида эса (шўр ювиш даврида) буғланиш йўқлиги туфайли $a_1/b_1=0$, инфильтрация эса $\varepsilon \neq 0$.

П.Я. Полубаринова-Кочина h_{CP} , қийматини В.М. Шестаков усули, яъни сизот сувлар сатҳини ўртача қиймати максимал ва минимал сатҳлар йиғиндисининг ўртача қиймати орқали топишни таклиф этган. Албатта бундай сизот сувлар сатҳи ўзгариши суғоришга боғлиқ бўлган суғорма деҳқончилик учун ҳар доим ҳам тўғри бўлмайди. Шунинг учун (15)дан фойдаланиб белгиланган вақт оралиғи учун сизот сувлар сатҳини ўртача қийматини аниқлаймиз:

$$h_{CP}|_{t=t_0} = \frac{1}{L} \int_0^L h(x, t_0) dx = \left[h(L, 0) + \frac{h(L, 0) - h(0, 0)}{ch\sqrt{\nu}L - 1} - \frac{a_1}{b_1} \right] e^{\frac{b_1 - k_1 h_{CP} \nu}{m_0} t_{ID}} + \frac{a_1}{b_1} + \frac{\varepsilon}{b_1} - \frac{sh\sqrt{\nu}L[h(L, 0) - h(0, 0)]}{\sqrt{\nu}L(ch\sqrt{\nu}L - 1)} e^{\frac{b_1 - k_1 h_{CP} \nu}{m_0} t_{ID}} \quad (16)$$

(15) айният транцедент бўлганлиги учун унинг ечими график куриш орқали аниқланади.

СЁЗ фильтрация қаршилиги ва сув сарфини аниқлаш. Дренаж фильтрация қаршилигини аниқлаш учун А.Я. Олейник ишларида келтирилган чегаравий шартдан фойдаланамиз:

$$t > 0, \quad x = 0, \quad \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{h}{2\Phi} = 0$$

$$\Phi = \frac{1}{2} \left[\frac{C}{C_*} e^{\frac{-k_1 h_{CP} \nu}{m_0} t} + \frac{a_1 + \varepsilon}{C_* b_1} e^{\frac{b_1 - k_1 h_{CP} \nu}{m_0} t} - cth\sqrt{\nu}L \right] \quad (17)$$

СЁЗнинг оралиғида ҳар бир 1 погона метрга тўғри келадиган сув ҳажми қуйидаги айниятдан топилади:

$$\bar{W}_{\bar{a}\bar{d}}^{(t)} = 2m_0 \left[\frac{\bar{\varnothing}_1}{\sqrt{\nu}} sh\sqrt{\nu}Le^{\frac{b_1 - k_1 h_{CP} \nu}{m_0} t} + \bar{\varnothing}_2 Le^{\frac{b_1 t}{m_0}} + \bar{\varnothing}_3 L \right] \quad (18)$$

$$\text{бунда } \bar{\varnothing}_1 = -\frac{[h(L, 0) - h(0, 0)]}{ch\sqrt{\nu}L - 1}, \quad \bar{\varnothing}_2 = h(L, 0) + \frac{h(L, 0) - h(0, 0)}{ch\sqrt{\nu}L - 1} - \frac{a_1}{b_1}, \quad \bar{\varnothing}_3 = \frac{a_1}{b_1} + \frac{\varepsilon}{b_1} \quad (19)$$

яъни СЁЗнинг сув сарфи қуйида келтирилган формула бўйича аниқланади:

$$Q_{dp}^{(t)} = \frac{\bar{W}_{dp}^{(t_1)} - \bar{W}_{dp}^{(t_2)}}{86,4(t_1 - t_2)} l_{dp} \quad (20)$$

бунда l_{dp} – дренаж узунлиги, м.

Бир жинсли муҳитда ҳажмий намликнинг тарқалиши. Намлик ўтказишни нотурғун жараёнини ифодаловчи тенглама қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D(W) \frac{\partial W}{\partial z} \right] - \frac{\partial K}{\partial z}, \quad (0 \leq z \leq z_{\bar{O}\bar{A}\bar{A}}) \quad (21)$$

$$W_2(z_{YTB}(x, t)) = W_{PB} = const; \quad K(W) = K_\phi + \phi(t)(z_{YTB} - z)$$

(19) тенгламадаги $Z_{YTB}(x, t)$ белгиланган t_i вақт оралиғи учун сизот сувлар сатҳи бўлиб у кейинги тенглама орқали аниқланади:

$$z_{YTB}(x, t_i) = m_g + d + \frac{ch\sqrt{\nu}(L - x)[h(L, 0) - h(0, 0)]}{ch\sqrt{\nu}L - 1} e^{\frac{b_1 - k_1 h_{CP} \nu}{m_0} t_i} - \left[h(L, 0) + \frac{[h(L, 0) - h(0, 0)]}{ch\sqrt{\nu}L - 1} - \frac{a_1}{b_1} \right] e^{\frac{b_1 - t_i}{m_0}} - \frac{a_1}{b_1} - \frac{\varepsilon}{b_1} \quad (22)$$

$D_2(W)$ – тупроқ намлигининг диффузия коэффициентлари, $D_2(x,t) = R_2 e^{-\frac{D_2 t}{\gamma_2}}$. R_2 – тажриба ва назарий маълумотларни солиштириб аниқланадиган доимий қиймат. $K(x,z,t)$ – тупроқ намлигини ўтказиш коэффициентлари.

(21) тенгламанинг ечими ушбу кўринишда аниқланади:

$$W(x, z, t) = \gamma_1(t)(Z_{yTB} - Z)^3 + \gamma_2(t)(Z_{yTB} - z)^2 + \gamma_3(t)(Z_{yTB} - z) + \gamma_4$$

бунда x – қаралаётган нуқтадан СЎЗгача бўлган масофа. Олдинги маълумотларга асосан $z = Z_{yTB}$ бўлганида қуйидаги шартлар бажарилади:
 $W_{пв} = \gamma_4$; $K = K_\phi$

СЎЗ таъсирида бир жинсли муҳитда ҳажмий намликнинг тарқалиши:

$$W(x, z, t) = \gamma_1(Z_{yTB} - Z)^3 - [3\gamma_1 Z_{yTB} - \gamma_2^*](Z_{yTB} - z)^2 + [3\gamma_1 Z_{yTB}^2 - 2\gamma_2^* Z_{yTB} + 6\gamma_1 D + \gamma_3^*](Z_{yTB} - z) + W_{пв} \quad (23)$$

Новегетация даврида СЎЗ таъсирида ҳажмий намликнинг ўзгариши. Новегетация даврида СЎЗ таъсирида намлик ўзгаришини ҳайдов ҳамда дренаж таъсирида ўзгариб турадиган СССгача бўлган ораликда жойлашган ҳайдов ости қатламлари учун қараш лозим.

Ўрганилаётган муҳитда ҳажмий намликнинг тарқалишини тасвирлаш учун қуйидаги чегаравий масала қаралади:

$$\begin{cases} \frac{\partial W_1^*}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_1^*(W_1^*) \frac{\partial W_1^*}{\partial z} \right] - \frac{\partial K_1^*}{\partial z}, & (0 \leq z \leq z_1) \\ \frac{\partial W_2}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_2(W_2) \frac{\partial W_2}{\partial z} \right] - \frac{\partial K_2}{\partial z}, & (z_1 \leq z \leq z_{yTB}) \end{cases} \quad (24)$$

$$W_{поб} = W_1^*(x, 0, t) = \begin{cases} W_{пн} + (W_{ппв} - W_{пн}) \cdot th(\omega^* t) \\ W_{пн} - (W_{пн} - W_3) \cdot th(\omega t) \end{cases}$$

$$W_1^*(x, z, t) = W_{поб} + \beta_1(t)z^3 + \beta_2(t)z^2 + \beta_3(t)z$$

$$W_2(x, z, t) = \gamma_1[Z_{yTB}(x, 0) - Z]^3 + \gamma_2[Z_{yTB}(x, 0) - Z]^2 + \gamma_3[Z_{yTB}(x, 0) - Z] + W_{пв}$$

$$\left[K_1^*(W_1^*) - D_1^*(W_1^*) \frac{\partial W_1^*}{\partial z} \right]_{z=z_1} = \left[K_2(W_2) - D_2(W_2) \frac{\partial W_2}{\partial z} \right]_{z=z_1}$$

$$W_2(z_{yTB}(x, t)) = W_{пв} = const$$

Бунда t – вақт; W_1^* – ҳайдов қатлами оралиғида (z_1)га ҳажмий намликни тарқалиши. Кейинги ҳайдов ости қатламида ҳажмий намлик $W_2(x, z, t)$ айният билан тасвирланади.

$D_1^*(W_1^*)$, $D_2(W_2)$ – тегишли қатламлардаги тупроқ намлигини диффузия

коэффициентлари: $D_1^*(x, t) = R_1^* e^{-\frac{D_1^* t}{\beta_2}}$, $D_2(x, t) = R_2 e^{-\frac{D_2 t}{\gamma_2}}$. R_1^* , R_2 – назарий ва тажриба маълумотларни солиштириш орқали аниқланадиган коэффициентлар. $K_1^*(x, z, t)$, $K_2(x, z, t)$ – тегишли қатламларда тупроқ намлигини ўтказиш коэффициентлари.

Иккинчи тенгламанинг бошланғич шarti тупроқ юзасидаги ҳажмий намлик қандай тарқалишидан қатъий назар ($W_{поб} = W_{пн}$) бўлиши ва барча тларда $W \in [W_3, W_{ппв}]$ оралиғида ўзгариши инобатга олинган. $th \omega^* t$, $th \omega t$ функциялари ер устида намликни ($z=0$) ўзгариш тезликларни ҳисобга олиб ω^* , ω

коэффициентлари назарий ва экспериментал тадқиқотлар натижаларини солиштириш орқали аниқланади.

Ҳайдов ости қатлам учун сув ўтказиш коэффициенти қуйидаги кўринишга эга:

$$K_2(W_2) = K_{\phi_2} + \phi_2(x, t)(Z_{yTB} - z)$$

(21) тегламалар тизимидаги иккинчи тенглама ечими қуйидагича топилади:

$$W_2(x, z, t) = \gamma_1(t)(Z_{yTB} - Z)^3 + \gamma_2(t)(Z_{yTB} - z)^2 + \gamma_3(t)(Z_{yTB} - z) + \gamma_4$$

$z = Z_{yTB}$ бўлганида юқоридаги ёзувларга мувофиқ қуйидаги шартлар бажарилади:

$$W_{\Pi B} = \gamma_4; \quad K_2 = K_{\phi_2}$$

Ҳайдов ости қатлам учун намлик ўтказиш коэффициент ушбу шаклни олади:

$$K_2(W) = K_{\phi_2} + \left\{ \left(3\gamma_1 Z_{yTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{yTB} + \frac{6\gamma_1 R_2}{D_2} (3\gamma_1 Z_{yTB} + \gamma_2^*) e^{\frac{D_2 t}{\gamma_2}} + \gamma_3^* \right) \dot{Z}_{yTB} + \right. \\ \left. + 2R_2 e^{\frac{D_2 t}{\gamma_2}} [3\gamma_1 Z_{yTB} + \gamma_2^*] \right\} (Z_{yTB} - z) \quad (25)$$

Ҳайдов ости қатламдаги ҳажмий намликни ўзгариши эса:

$$W_2(x, z, t) = \gamma_1(Z_{yTB} - z)^3 - [3\gamma_1 Z_{yTB} + \gamma_2^*](Z_{yTB} - z)^2 + \\ + \left(3\gamma_1 Z_{yTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{yTB} + \frac{6\gamma_1 R_2}{D_2} (3\gamma_1 Z_{yTB} + \gamma_2^*) e^{\frac{D_2 t}{\gamma_2}} + \gamma_3^* \right) (Z_{yTB} - z) + W_{\Pi B} \quad (26)$$

Ҳайдов қатламидаги намлик тарқалишини кўриниши:

$$W_1^*(x, z, t) = \left\{ \begin{array}{l} W_{\Pi H} + (W_{\Pi B} - W_{\Pi H}) \cdot th(\omega^* t) \\ W_{\Pi H} - (W_{\Pi H} - W_3) \cdot th(\omega t) \end{array} \right\} + \beta_1 z^3 + \beta_2 z^2 - \frac{6\beta_1 \beta_2 R_1^*}{D_1^*} e^{\frac{D_1^* t}{\beta_2}} z \quad (27)$$

Ушбу айният новегетация даврида намлик тўплаш учун чуқур юмшатишмақбул чуқурлигини аниқлашда ҳамда агротехник ва мелиоратив тадбирларда қўллаш мумкин.

СЁЗ таъсирида қатлам-қатлам босқичли юмшатишда ҳажмий намлик динамикаси. Мавжуд муҳитда ҳажмий намлик тарқалишини тасвирлашда қуйидаги чегаравий масала инобатга олинади:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial W_1}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_1(W_1) \frac{\partial W_1}{\partial z} \right] - \frac{\partial K_1}{\partial z} - \frac{12E_t}{7(\delta + u_*)} \left[1 - \frac{z}{2(\delta + u_*)} - \frac{z^2}{2(\delta + u_*)^2} \right], \quad (0 \leq z \leq \delta + u_*) \\ \frac{\partial W_2}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_2(W_2) \frac{\partial W_2}{\partial z} \right] - \frac{\partial K_2}{\partial z}, \quad (\delta + u_* \leq z \leq z_{yTB}) \end{array} \right. \quad (28)$$

$$W_{\Pi OB} = W_1(x, 0, t) = \left\{ \begin{array}{l} W_{\Pi H} + (W_{\Pi B} - W_{\Pi H}) \cdot th(\mu^* t) \\ W_{\Pi H} - (W_{\Pi H} - W_3) \cdot th(\mu t) \end{array} \right.$$

$$W_1(x, z, t) = W_{\Pi OB} + \alpha_1(t)z^3 + \alpha_2(t)z^2 + \alpha_3(t)z$$

$$W_2(x, z, t) = \gamma_1[Z_{yTB}(x, 0) - Z]^3 + \gamma_2[Z_{yTB}(x, 0) - Z]^2 + \gamma_3[Z_{yTB}(x, 0) - Z] + W_{\Pi B}$$

$$\left[K_1(W_1) - D_1(W_1) \frac{\partial W_1}{\partial z} \right]_{z=\delta+u_*} = \left[K_2(W_2) - D_2(W_2) \frac{\partial W_2}{\partial z} \right]_{z=\delta+u_*}$$

$$W_2(z_{VTB}(x, t)) = W_{PB} = const$$

$D_1(W_1)$ —илдиз қатламида тупроқ намлигининг диффузия коэффиценти:
 $D_1(x, t) = R_1 e^{-\frac{D_1 t}{\alpha_2}}$. R_1 — назарий ва тажриба маълумотларни солиштириш орқали аниқланадиган коэффицент.

Ҳайдов ости қатлами намликни ўтказиш коэффиценти қуйидагича аниқланади:

$$K_2(W) = K_{\phi 2} + \left\{ \left(3\gamma_1 Z_{VTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{VTB} + \frac{6\gamma_1 R_2}{D_2} (3\gamma_1 Z_{VTB} + \gamma_2^*) e^{-\frac{D_2 t}{\gamma_2}} + \gamma_3^* \right) \dot{Z}_{VTB} + \right. \\ \left. + 2R_2 e^{-\frac{D_2 t}{\gamma_2}} [3\gamma_1 Z_{VTB} + \gamma_2^*] \right\} (Z_{VTB} - z)$$

Ҳайдов ости қатламида ҳажмий намликни тарқалиши қуйидагича топилади:

$$W_2(x, z, t) = \gamma_1 (Z_{VTB} - z)^3 - [3\gamma_1 Z_{VTB} + \gamma_2^*] (Z_{VTB} - z)^2 + \\ + \left(3\gamma_1 Z_{VTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{VTB} + \frac{6\gamma_1 R_2}{D_2} (3\gamma_1 Z_{VTB} + \gamma_2^*) e^{-\frac{D_2 t}{\gamma_2}} + \gamma_3^* \right) (Z_{VTB} - z) + W_{PB} \quad (29)$$

Илдиз қатламидаги ҳажмий намликни ўзгариши қуйидаги кўринишга келади:

$$W_1(x, z, t) = \begin{cases} W_{PH} + (W_{PHB} - W_{PH}) \cdot th(\mu^* t) \\ W_{PH} - (W_{PH} - W_3) \cdot th(\mu t) \end{cases} + \alpha_1 z^3 + \alpha_2 z^2 - z \frac{6\alpha_1 \alpha_2 R_1}{D_1} e^{-\frac{D_1 t}{\alpha_2}} + \\ + \frac{6E_T z^2}{7D_1(\delta + u_*)} \left[1 - \frac{z}{6(\delta + u_*)} - \frac{z^2}{12(\delta + u_*)^2} \right] \quad (30)$$

Мазкур ҳисобни қўллаш ва маълумотларни таҳлил қилиш, қатлам-қатлам босқичли юмшатиш муддатлари ва чуқурлигини мақбуллаштиришда, ётиқ зовур таъсирида ҳажмий намликни камайиш динамикасини башорат қилишга имкон беради.

Ҳайдов, ҳайдов ости ва сизот сувлар эркин сатҳидан ташкил топган қатламли муҳитдаги ҳажмий намликни аниқлаш. Мавжуд муҳитда ҳажмий намликнинг тарқалишини тасвирлашда қуйидаги чегаравий масала инобатга олинади:

$$\begin{cases} \frac{\partial W_1}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_1(W_1) \frac{\partial W_1}{\partial z} \right] - \frac{\partial K_1}{\partial z} - \frac{12E_t}{7(\delta + u_*)} \left[1 - \frac{z}{2(\delta + u_*)} - \frac{z^2}{2(\delta + u_*)^2} \right], & (0 \leq z \leq \delta + u_*) \\ \frac{\partial W_1^*}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_1^*(W_1^*) \frac{\partial W_1^*}{\partial z} \right] - \frac{\partial K_1^*}{\partial z}, & (\delta + u_* \leq z \leq z_1) \\ \frac{\partial W_2}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_2(W_2) \frac{\partial W_2}{\partial z} \right] - \frac{\partial K_2}{\partial z}, & (z_1 \leq z \leq z_{VTB}) \end{cases} \quad (31)$$

$$W_{\text{ПОВ}} = W_1(x, 0, t) = \begin{cases} W_{\text{ПН}} + (W_{\text{ПНВ}} - W_{\text{ПН}}) \cdot \text{th}(\mu^* t) \\ W_{\text{ПН}} - (W_{\text{ПН}} - W_3) \cdot \text{th}(\mu t) \end{cases} \quad W_1(x, \delta + u_*, t) = W_1^*(x, \delta + u_*, t)$$

$$\left[K_1(W_1) - D_1(W_1) \frac{\partial W_1}{\partial z} \right]_{z=\delta+u_*} = \left[K_1^*(W_1^*) - D_1^*(W_1^*) \frac{\partial W_1^*}{\partial z} \right]_{z=\delta+u_*} \quad W_1^*(x, z_1, t) = W_2(x, z_1, t)$$

$$\left[K_1^*(W_1^*) - D_1^*(W_1^*) \frac{\partial W_1^*}{\partial z} \right]_{z=Z_1} = \left[K_2(W_2) - D_2(W_2) \frac{\partial W_2}{\partial z} \right]_{z=Z_1} \quad W_2(z_{\text{УГВ}}(x, t)) = W_{\text{ПВ}} = \text{const}$$

Илдиз қатламидаги намлик ўтказиш коэффициенти қуйидагича аниқланади:

$$\begin{aligned} K_1 = [(\delta + u_*) - z] & \left\{ \frac{W_{\text{ПНВ}} - W_{\text{ПН}}}{ch^2(\omega^* t)} \right\} + D_1(t) z \left(2\alpha_2 + \frac{12E_T}{7(\delta + u_*)^3} \right) - \frac{12E_T z}{7(\delta + u_*)} \left[1 - \frac{z}{4(\delta + u_*)} - \frac{z^2}{6(\delta + u_*)^2} \right] + \\ & + E_t + D_1(t) \left[3\alpha_1(\delta + u_*)^2 + \frac{6E_T}{7(\delta + u_*)^2} - 6D_1(t) \frac{\alpha_1 \alpha_2^*}{\tilde{D}_1} + \alpha_3^* \right] + 2\beta_2 D_1^*(t)(\delta + u_*) \\ & + D_1^*(t) \left[3\beta_1 z_1^2 - 6D_1^*(t) \frac{\beta_1 \beta_2}{\tilde{D}_1^*} + \beta_3^* \right] + K_{\phi 2} + \dot{Z}_{\text{УГВ}} \left(3\gamma_1 Z_{\text{УГВ}}^2 + 2\gamma_2^* Z_{\text{УГВ}} - 6D_2(t) \frac{\gamma_1 \gamma_2^*}{\tilde{D}_2} + \gamma_3^* \right) (Z_{\text{УГВ}} - z_1) + \\ & + D_2(t) \left\{ 3\gamma_1 (Z_{\text{УГВ}} - z_1)^2 + 3\gamma_1 Z_{\text{УГВ}}^2 + 2\gamma_2^* Z_{\text{УГВ}} - 6D_2(t) \frac{\gamma_1 \gamma_2^*}{\tilde{D}_2} + \gamma_3^* \right\} - \\ & - D_1^*(t) \left[3\beta_1(\delta + u_*)^2 + 2\beta_2(\delta + u_*) - \frac{6\beta_1 \beta_2 R_1^*}{\tilde{D}_1^*} e^{-\frac{D_1^* t}{\beta_2}} + \beta_3^* \right] \end{aligned}$$

Илдиз қатламидаги намликнинг сўнгги кўриниши қуйидагича бўлади:

$$W_1(x, z, t) = \begin{cases} W_{\text{ПН}} + (W_{\text{ПНВ}} - W_{\text{ПН}}) \cdot \text{th}(\mu^* t) \\ W_{\text{ПН}} - (W_{\text{ПН}} - W_3) \cdot \text{th}(\mu t) \end{cases} + \alpha_1 z^3 + \alpha_2 z^2 - \left(6D_1(t) \frac{\alpha_1 \alpha_2^*}{\tilde{D}_1} + \alpha_3^* \right) z + \frac{6E_T z}{7(\delta + u_*)^2} + \frac{6E_T z^2}{7(\delta + u_*)^3} \quad (32)$$

Ҳайдов ости қатлам нам ўтказувчанлик коэффициенти аниқланиши қуйидагича:

$$K_2(x, z, t) = K_{\phi 2} + \left\{ \left(3\gamma_1 Z_{\text{УГВ}}^2 + 2\gamma_2^* Z_{\text{УГВ}} - 6D_2(t) \frac{\gamma_1 \gamma_2^*}{\tilde{D}_2} + \gamma_3^* \right) \dot{Z}_{\text{УГВ}} + 2D_2(t) [3\gamma_1 Z_{\text{УГВ}} + \gamma_2^*] \right\} (Z_{\text{УГВ}} - z)$$

Шундай қилиб, СЁЗ таъсирида ҳайдов ости қатламидаги ҳажмий намлик тарқалишини аниқлашда қуйидаги формула қўлланилади:

$$W_2(x, z, t) = \gamma_1 (Z_{\text{УГВ}} - z)^3 - [3\gamma_1 Z_{\text{УГВ}} + \gamma_2^*] (Z_{\text{УГВ}} - z)^2 + \left(3\gamma_1 Z_{\text{УГВ}}^2 + 2\gamma_2^* Z_{\text{УГВ}} - 6D_2(t) \frac{\gamma_1 \gamma_2^*}{\tilde{D}_2} + \gamma_3^* \right) (Z_{\text{УГВ}} - z) + W_{\text{ПВ}} \quad (33)$$

Ҳайдов қатлам нам ўтказувчанлик коэффициенти аниқланиши қуйидагича:

$$\begin{aligned} K_1^* = D_1^*(t) & \left[3\beta_1 z_1^2 - 6D_1^*(t) \frac{\beta_1 \beta_2}{\tilde{D}_1^*} + \beta_3^* \right] + \dot{Z}_{\text{УГВ}} \left(3\gamma_1 Z_{\text{УГВ}}^2 + 2\gamma_2^* Z_{\text{УГВ}} - 6D_2(t) \frac{\gamma_1 \gamma_2^*}{\tilde{D}_2} + \gamma_3^* \right) (Z_{\text{УГВ}} - z_1) + \\ & + 2\beta_2 D_1^*(t) z + K_{\phi 2} + D_2(t) \left\{ 3\gamma_1 (Z_{\text{УГВ}} - z_1)^2 + 3\gamma_1 Z_{\text{УГВ}}^2 + 2\gamma_2^* Z_{\text{УГВ}} - 6D_2(t) \frac{\gamma_1 \gamma_2^*}{\tilde{D}_2} + \gamma_3^* \right\} \end{aligned}$$

Ҳайдов қатламидаги ҳажмий намлик тарқалишининг кўриниши куйидагича:

$$W_1^*(x, z, t) = \beta_1 z^3 + \beta_2 z^2 - \left[6D_1^*(t) \frac{\beta_1 \beta_2}{\tilde{D}_1^*} - \beta_3^* \right] z \quad (34)$$

бунда

$$\beta_1 = \frac{\gamma_1 (Z_{yTB} - z_1)^3 - [3\gamma_1 Z_{yTB} + \gamma_2^*] (Z_{yTB} - z_1)^2 + \left(3\gamma_1 Z_{yTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{yTB} - 6D_2(t) \frac{\gamma_1 \gamma_2^*}{\tilde{D}_2} + \gamma_3^* \right) (Z_{yTB} - z_1) + W_{PB} - \beta_2 z_1^2 - \beta_3^* z_1}{z_1^3 - 6D_1^*(t) \frac{\beta_2}{\tilde{D}_1^*} z_1}$$

$$\beta_2 = \frac{\left\{ W_{PH} + (W_{PHB} - W_{PH}) \cdot th(\mu^* t) + \alpha_1 (\delta + u_*)^3 + \alpha_2 (\delta + u_*)^2 - \left(6D_1(t) \frac{\alpha_1 \alpha_2}{\tilde{D}_1} + \alpha_3^* \right) (\delta + u_*) \right\}}{(\delta + u_*)^2 - 6D_1^*(t) \frac{\beta_1}{\tilde{D}_1^*} (\delta + u_*)} +$$

$$+ \frac{\frac{12E_T}{7(\delta + u_*)} - \beta_1 (\delta + u_*)^3 - \beta_3^* (\delta + u_*)}{(\delta + u_*)^2 - 6D_1^*(t) \frac{\beta_1}{\tilde{D}_1^*} (\delta + u_*)}$$

Мирзаобод туманида ўтказилган тадқиқотларга мувофиқ, ер устидаги намлик ҳайдов ва ҳайдов ости қатламнинг бошқа қисмидаги намлигига нисбатан тезроқ камайиши аниқланди. Таҷрибалар оддий ер ҳайдашдан кўра, нафақат туз миқдорини камайишига балки вегетация даврида намликни сақлашни таъминловчи чуқур юмшатиш ишларининг самарадорлиги юқори эканлигини кўрсатди.

Мазкур формулаларнинг таҳлили ётиқ зовур таъсирида ҳажмий намлик пасайишини кўрсатиб агротехника тадбирларини бажариш муддатларини мақбуллаштиришга имкон беради.

Суғориладиган майдонларни текислашда чўкувчанлик жараёни таҷрибаси ва башорат қилиш. Суғорма деҳқончилик маданиятини ошириш фақат ҳаётга, суғориладиган майдонда барча ишлаб чиқариш жараёнларни механизациялаштириб юқори ва турғун ҳосилдорликни таъминлашга ташкилий-ҳўжалик, гидротехник, агромилиоратив тадбирлар мажмуасини қўллаш орқали эришиш мумкин. Ушбу мажмуада суғориладиган майдонда қўлланилаётган суғориш усули ва техникасига қулай рельефни шакллантириш муҳим аҳамият касб этади.

Ушбу масалани тадқиқ этишда: Ф.Б. Абуталиев, Х.А. Аҳмедов, Р.Х. Базаров, Ф.А. Бараев, Ю.Г. Батраков, А.Н. Вавилов, Х.К. Газиёв, И.Д. Дзяндевич, В.А. Духовный, Р.К. Икрамов, А.Н. Костяков, С.М. Кривовязов, В.Ф. Кулинченко, Н.Т. Лактаев, А.Н. Ляпин, В.Н. Мартенсен, В.Ф. Насенко, Б.С. Серикбаев, Г.В. Цивинский, У.Юлдашев ва бошқа олимлар муносиб ҳисса қўшишган.

Ушбу усуллар ёрдамида лойиҳалаштириш техникаси лойиҳаловчининг ер ишлар ҳажми балансини таъминлаш учун қадамма-қадам лойиҳа текислиги ҳолатини аниқлашдан иборат, аммо бунда грунтларнинг чўкувчанлиги инобатга олинмайди.

Турли шаклга эга суғориш далаларнинг нишабли текислик бўйича лойиҳалаштириш усули. Ҳозирги даврда ер текислаш ишларини лойиҳалаштиришда картадаги лойиҳавий ер сатҳлари грунтларни чўкувчанлик даражасини инобатга олмасдан белгиланади. Шунинг учун бизнинг тадқиқотларимиз ушбу муаммони ҳал этишга бағишланган. Турли шаклга эга лойиҳалаштирилаётган майдон томонлари 20x20 м бўлган квадратларга бўлиниб, квадратлар маркази сатҳлари ва суғориладиган даланинг «оғирлик» маркази аниқланади. Сўнгра далани иккига бўлиб, ундан ҳосил бўлган ярим далаларнинг «оғирлик» маркази топилади.

Майдон табиий рельефини нусхаловчи ҳамда кесиш ва тўкиш бўйича минимум ишлар ҳажмини берувчи текислик қуйидагича аниқланади:

$$\begin{vmatrix} x - \bar{x} & y - \bar{y} & z - \bar{h} \\ \bar{x}_1 - \bar{x} & \bar{y}_1 - \bar{y} & \bar{h}_1 - \bar{h} \\ \bar{x}_2 - \bar{x} & \bar{y}_1 - \bar{y} & \bar{h}_2 - \bar{h} \end{vmatrix} = Ax + By + Cz + D \quad (35)$$

бунда $\bar{x}, \bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{y}, \bar{y}_1, \bar{y}_2, \bar{h}, \bar{h}_1, \bar{h}_2$ – бутун ва ярим далаларнинг «оғирлик» марказининг абсцисса, ордината ва аппликата координаталари.

Тупроқларни чўкувчанлиги ва бўртишини инобатга олиб, қуйидаги айният бўйича лойиҳавий текисликка ўзгартиришлар киритилади:

$$\Delta h_{np} = h_p K_r = h_p \left(\frac{\rho_1 - \bar{\rho}}{\bar{\rho}} \right) \quad (36)$$

Сўнгги айният турли шаклга эга майдон тупроғининг чўкувчанлиги (бўртувчанлиги) хусусиятларини ҳисобга олиб, нишабли текислик бўйича лойиҳалаштириш учун тавсия этилади. Тупроқни кесиш/тўкишдаги баландликлари қуйидаги усуллар билан амалга оширилиши мумкин.

4-жадвал

Кўргазма майдонда қўлланилган технологиялар

Технология турлари	Нисбий харажатлар, \$/га	Афзалликлари	Камчиликлари
Ерларни ҳайдаш, ерларни лазерли текислаш, қўшимча грунтларни кесиш ва тўкиш, диагоналар бўйича чуқур юмшатиш	460	Нишабли текисликни ҳосил қилишда аниқлиликнинг нисбатан юқорилиги	Катта микдордаги қўл меҳнати, кенг микёсда ушбу усулни қўллаш учун лазер ускуналари мослаштирилмаганлиги, иш самарадорлигининг пастлиги
Диагонал бўйича чуқур юмшатиш, ерларни лазерли текислаш, иккинчи диагонал бўйича чуқур юмшатиш, якуний тўғриловчи ерларни лазерли текислаш	348	Техникадан юқори самара билан фойдаланиш имконияти ва ишларнинг нисбатан арзонлиги	1 ва 3 - усулларга қараганда ер текислаш ишлар сифатининг нисбатан пастлиги
Ерларни ҳайдаш, ерларни лазерли текислаш, диагонал бўйича чуқур юмшатиш,	370	Техникадан юқори самара билан фойдаланиш	2 - усулга нисбатан иш нарҳининг юқорилиги

тўғриловчи ерларни лазерли текислаш ва иккинчи диагонал бўйича чуқур юмшатиш		имконияти ва ишларнинг нисбатан арзонлиги	
--	--	---	--

Технологиялар солиштирилганда энг юқори самарадор бўлиб 3 - усул чиқди. Ерларни текислаш ва чуқур юмшатиш ишларига сарф этилган капитал маб-лағларнинг тахлили энг юқори ҳосилдорлик 60 смли чуқур юмшатишга тўғри келганлигини кўрсатди.

ХУЛОСАЛАР

Ўтказилган тадқиқотлар ишнинг назарий ва амалий аҳамиятини белгиловчи қуйидаги хулосаларни шакллантиришга имкон беради:

1. Сув танқислиги шароитида сувдан фойдаланиш режаларини тезкор тўғрилаш бўйича иқтисодий-математик модел (2) таклиф этилган. СИУ ва фермер хўжаликлари шароитида экинлар орасида сув тақсимлаш муаммоси таклиф этилаётган модел ёрдамида сув ресурслари танқислиги шароитида қишлоқ хўжалиги ҳосили етиштиришда зарарни камайтириш орқали ҳал этилиши мумкин. Бу эса анъанавий сувни тақсимлаш усулига нисбатан даромадни 342400 сўм/гагача (Тошкент вилояти Қуйи-Чирчиқ тумани «Сайрам суви» СИУси мисолида) ошириш имконини беради.
2. Суғориш суви танқислиги шароитида қишлоқ хўжалиги экин майдонларини мақбуллаштириш бўйича иқтисодий-математик модел (3) ишлаб чиқилган. Экин майдонларни мақбуллаштириш тажрибаси қишлоқ хўжалиги экинлар тури ва навларини деверсификация қилиш кераклигини кўрсатмоқда, чунки фақатгина тўғри деверсификация ишларини бажариш орқали даромад 454 200 сўм/гага (Сурхондарё вилояти Қумқўрғон туман «Н.Мирзаев» СИУси «Маматкул Жўра ўғли» фермер хўжалиги мисолида) ошириш мумкин.
3. Сув танқислиги даражасини ҳисобга олиб қишлоқ хўжалиги экин майдонлари ва суғориш ҳажмларини мақбуллаштириш бўйича иқтисодий-математик модел (4) ишлаб чиқилган. Суғориш суви танқислиги шароитида қишлоқ хўжалиги экинлари майдонлари ва суғориш ҳажмларини мақбуллаштириш усуллари кўллаш қурғокчилик йилларда қишлоқ хўжалигига зарарларни минималаштиришга имкон берди. Мисол учун, Сурхондарё вилояти Қумқўрғон туман «Н.Мирзаев» СИУсидаги «Саодат» фермер хўжалигидаги даромад назоратга нисбатан 821500 сўм/га юқорирок бўлди.
4. Ҳозирги вақтгача, физик буғланиш билан боғлиқ бўлган намлик оқимиини моделлаштиришда унинг чекланган оралиқларда ўзгариши ҳисобга олинмаган. Шунинг учун мазкур ишда ҳажмий намликни сўлиш намлиги билан чегаравий дала намлик сифими орасидаги ўзгариши инобатга олинди. Ўсимлик ривожланишининг бошланғич даври ҳамда илдиз тизими

ривожланишини инобатга олиб, автоморф тупроқларда намлик ўтказиш аналитик ҳисобларига асосан, муаллиф тескари физикавий масалани ечиш йўли (акад. Ф.Б. Абуталиев услуги бўйича) билан қаралаётган СИУ тупроқларининг физик параметрларини аниқлаган.

5. Илк бор агротехника параметрлари (ҳайдов чуқурлиги), тупроқларни физик хусусиятлари ва илдиз қатламини ривожланиши ҳамда намликни чегараланган (сўлиш намлиги билан чегаравий дала намлик сифими) ораликда ўзгаришини ҳисобга олувчи ер сатҳидаги намлик оқими (физик буғланиш)нинг аналитик формула (12)си топилди.

6. Сизот сувлар чуқурлигининг максимал ва минимал сизот сувларини ўртача қиймати сифатида қабул қилувчи П.Я. Полубаринова-Кочина натижаларидан мутлақо фарқланувчи аналитик боғланиш (15) муаллиф томонидан таклиф этилмоқда.

Ишлаб чиқилган (трансцендент) тенглама (16) сизот сувлар сатҳини исталган вақт оралиғида аниқлашга ёрдам беради ҳамда грунтнинг ғоваклиги, муҳитнинг фильтрация коэффиценти, инфильтрациянинг жадаллиги, тупроқ сатҳидаги буғланиш, дреналараро масофа ва критик чуқурликка боғлиқ.

7. Муаллиф СЁЗ фильтрация қаршилиги ва сув сарфининг математик моделларини (17) яратган. СЁЗ фильтрация қаршилиги ва сув сарфини ўзгармас деб қабул қилган акад. С.Ф. Аверьянов ишларидан фарқлироқ, муаллиф фильтрация қаршилигини ўзгарувчанлигини исботлади ва СЁЗ сув сарфини ифодаловчи айниятни олган.

8. Сизот сувлар сатҳи динамикаси формуласига асосланиб, муаллиф томонидан илк бор боғлар, узумзорлар ва кўп йиллик экинлар, яъни бир жинсли муҳит учун (23) моделлар ва дастурлар мажмуаси ишлаб чиқилган. Тадқиқотлар натижаси дренаж ёнида ҳажмий намлик дреналараро масофасининг ўртасига нисбатан тезроқ камайишини кўрсатди.

9. Назарий тадқиқотлар асосида трансчегаравий дарёларни энергетик режимга ўтиши мунособати билан ҳосил бўладиган «сунъий» сув тошқини сувларини аэрация минтақасида ушлаб қолдириш жараёнидаги икки қатламли муҳитда (новегетация даври, ҳайдов ва ҳайдов ости қатламлари) намликни ўзгариш боғланишлари (26 ва 27) олинган.

10. СЁЗ таъсирида қатлам-қатлам босқичли юмшатишда, икки қатламли муҳит (илдиз ва ҳайдов ости қатламлари)да намлик ўтказиш динамикаси масаланинг сонли ечими (29 ва 30) топилган. Масаланинг ечими суғоришлараро муддатларни узайтирувчи қатлам-қатлам босқичли юмшатиш чуқурлиги ва муддатларини мақбуллаштиришга ёрдам беради. Таклиф этилаётган қатлам-қатлам босқичли юмшатишда намлик ўтказишни моделлаштириш услуги илгари қўлланилган (Бараев Ф.А. ва Аббасханов М.) усулларига нисбатан намликнинг ўзгаришини аниқроқ аниқлашга имкон беради.

11. Уч қатламли муҳит (илдиз, ҳайдов ва ҳайдов ости қатламлар)дан иборат, СЁЗ таъсирида суғорилаётган далада тупроқ намлиги динамикасини

аниқлашга имкон берувчи моделлар (32, 33, 34) яратилган. Акад. Ф.Б. Абуталиевнинг фильтрация назариясидаги тескари физик масалаларни ечиш услубидан фойдаланиб, қаралаётган уюшма тупроқларининг физик параметрларини аниқлаган.

12. Ер ишлар ҳажмини 12-16%гача (Андижон вилояти Қўрғонтепа тумани «Мухторали Юсупов» СИУсида) камайтириш имкониятини бурувчи чўкувчан грунтларда суғориладиган ерларнинг лазерли текислаш усули такомиллаштирилган. Ишлаб чиқилган ер текислаш услуги чуқур юмшатиш ишлари бажарилгач тупроқни бир хилда чўкишига ва турғун текислик ҳосил бўлишига имкон беради.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК 16.07.2013.Т.23.01 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ИНСТИТУТЕ ИРРИГАЦИИ И МЕЛИОРАЦИИ, ТАШКЕНТСКОМ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ ИНСТИТУТЕ И
ТАШКЕНТСКОМ ИНСТИТУТЕ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ И МЕЛИОРАЦИИ

МУРАДОВ РУСТАМ АНВАРОВИЧ

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ИРРИГАЦИОННЫХ И МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ
В АССОЦИАЦИЯХ ВОДОПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

**06.01.02-Мелиорация и орошаемое земледелие
(технические науки)**

АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Ташкент – 2015

Тема докторской диссертации зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером 30.09.2014/B2014.5.T355

Докторская диссертация выполнена в Ташкентском институте ирригации и мелиорации.

Полный текст докторской диссертации размещен на веб-сайте научного совета 16.07.2013.Т.23.01 при Ташкентском институте ирригации и мелиорации, Ташкентском архитектурно-строительном институте и Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта по адресу tiim.uz/tadqiqotchi/dissertatsiya.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский) размещен на веб-сайте научного совета по адресу: tiim.uz/tadqiqotchi/avtoreferat и Информационно-образовательном портале «Ziynet» по адресу: www.ziynet.uz

**Научный
консультант:**

Бараев Фридун Ахмедович
доктор технических наук, профессор

**Официальные
оппоненты:**

Икрамов Рахимжан Каримович
доктор технических наук, профессор.

Безбородов Герман Александрович
доктор технических наук, профессор.

Мягков Сергей Владимирович
доктор физико-математических наук, профессор.

**Ведущая
организация:**

**Ташкентский государственный аграрный
университет**

Защита состоится «31» марта 2015 г. в 14⁰⁰ часов на заседании разового научного совета на базе научного совета 16.07.2013.Т.23.01 при Ташкентском институте ирригации и мелиорации, Ташкентском архитектурно-строительном институте и Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта по адресу: 100000, г. Ташкент, ул. Кары–Ниязова, 39. Тел: (99871) 237-46-68; Факс: (99871) 237-38-79, e-mail: admin@tiim.uz

Докторская диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского института ирригации и мелиорации за № 01, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (100000, г. Ташкент, ул. Кары – Ниязова, 39. Тел: (99871) 237-19-45.

Автореферат диссертации разослан «27» февраля 2015 года.
(протокол рассылки № 01 от «27» февраля 2014 года)

М.Х.Хамидов

председатель разового Научного совета по присуждению
ученой степени доктора наук, д.с.х.н., профессор

И.А.Ахмедходжаева

ученый секретарь разового Научного совета по присуждению
ученой степени доктора наук, к.т.н., доцент

А.Т.Салохиддинов

председатель Научного семинара при разовом Научном совете
по присуждению ученой степени доктора наук, д.т.н., профессор

АННОТАЦИЯ ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Актуальность и востребованность темы диссертации. Опыт передовых развитых стран (США, Япония, Испания, Франция и др.) показывает, что наиболее эффективным органом при управлении водно-земельными ресурсами на уровне землевладельцев являются негосударственные, некоммерческие и общественные организации. Деятельность этих организаций способствует равноправному распределению водных ресурсов, независимо от местоположения, типа и размеров хозяйств, предотвращению незаконных заборов воды, уменьшению объемов потерь оросительной воды, улучшению качества техобслуживания каналов, дренажей и другой инфраструктуры.

Ассоциация водопотребителей (АВП) Узбекистана – негосударственная, некоммерческая организация, занимающая промежуточное звено между государственной структурой управления водными ресурсами и непосредственно основными водопотребителями. Поэтому для повышения эффективности использования водных ресурсов в орошаемой земледелии и координации деятельности членов ассоциации в области водных отношений необходимо оснастить АВП современной техникой и технологией полива, а также методами и средствами управления водно-земельными ресурсами.

Указ Президента Республики Узбекистан №УП-1958 «О мерах по совершенствованию улучшения мелиоративного состояния земель и рационального использования водных ресурсов» от 19 апреля 2013 года, а также Указ Кабинета Министров Республики Узбекистан №82 «Об утверждении положения о порядке водопользования и водопотребления в Республике Узбекистан» от 19 марта 2013 года способствовали в выполнении данных исследований. Эти задачи направлены на смягчение дефицита воды путем внедрения усовершенствованных оперативных методов корректировки планов водопользования и оптимизации площадей сельскохозяйственных культур, повышения эффективности агротехнических и мелиоративных приёмов на основе методов прогнозирования динамики почвенной влаги, модернизации методов проектирования и технологии лазерной планировки.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Настоящая работа выполнена в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики Узбекистан ППИ-7 «Рациональное природопользование и экология: управление водными ресурсами и совершенствование методов их рационального использования».

Обзор международных научных исследований по теме диссертации. Исследование технологических основ эксплуатации ирригационных и мелиоративных систем, повышение их надежности и износостойкости, совершенствование методов их проектирования с учетом возрастающего дефицита оросительной воды при орошении сельскохозяйственных культур, набирают темпы и достигнуты определенные успехи в США, России, Китае, Индии, Голландии и других странах.

Исследования ведущих мировых научных центров, таких как Международный институт по управлению водными ресурсами (IWMI), Международный комитет по ирригации и дренажу (ICID), Московский государственный университет природообустройства (МГУП), Агрофизическом институте (АФИ), ФАО (Food and Agriculture Organization) и др. направлены на разработку приемов по предотвращению пагубных воздействий дефицита водных ресурсов, оптимизацию режимов управления влажностью на орошаемом поле, моделированию процессов ирригации и мелиорации, поиску экономически оптимальных параметров орошения с применением экономико-математического моделирования.

Оперативная корректировка планов водопользования, оптимизация площадей сельскохозяйственных культур, моделирование динамики влажности почвы при систематическом горизонтальном дренаже (СГД) и различных агротехнических и мелиоративных мероприятий, совершенствование методов проектирования и технологии лазерной планировки в фермерских и дехканских хозяйствах нашей республики имеет важное значение.

Степень изученности проблемы. Значительный вклад в создание технологических основ эксплуатации ирригационных и мелиоративных систем внесли ученые Узбекистана. В институтах ТИИМ и Научно-исследовательском институте ирригации и водных проблем с 1920 года проводятся работы по оптимизации ирригационных и мелиоративных мероприятий при дефиците водных ресурсов.

В основе существующих методов расчета режима орошения (А.Н.Костяков и др.) лежат биологически оптимальные оросительные нормы, что не всегда является приемлемым в условиях ограниченного водообеспечения. Поэтому наряду с применяемым в орошаемом земледелии планом водопользования (И.А.Шаров, Н.А.Янишевский, М.Ф.Натаљчук, Х.А.Ахмедов, Б.С.Серикбаев) появилась необходимость внедрения методов планирования водопользования, в основе которых лежат особенности водораспределения и экономические рычаги (В.А.Духовный, Н.Н.Мирзаев, Ф.А.Бараев, С.Кирда, Д.Р.Ниелсон, Л.К.Хенг), стимулирующие водопотребителей к отношению к воде, как к товару.

Вместе с этим, ограниченность водных ресурсов региона требует разработки более точных и математически обоснованных методик управления влажностью на орошаемом поле. В известных к настоящему времени работах (С.Ф.Аверьянов, Ф.Б.Абуталиев, М.Б.Баклушин, С.В.Нерпин, В.М.Шестаков, А.Ф.Чудновский, М.Г.Маккарти, Б.Ловеис) не рассмотрено совместное влияние СГД, а также различных агротехнических и мелиоративных мероприятий на динамику влажности почв.

Пренебрежение просадочными явлениями при проектировании планировки земель приводит к необходимости проведения повторной планировки. Существующие методики проектирования и технологии планировочных работ (В.Мартенсен, Н.И.Самсонова, Х.К.Газиев, А.Н.Ляпин, Р.Х.Базаров, Д.П.Карлтон и др.) не учитываются вопросы просадки

почвогрунтов и минимизации объемов земляных работ при различной конфигурации орошаемого поля.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ. Данная работа выполнялась в соответствии с планом НИР Министерства сельского и водного хозяйства Узбекистана 2003 года на тему «Разработка методических указаний совершенствования деятельности АВП и расчеты покрытий эксплуатационных затрат по подаче воды фермерским и дехканским хозяйствам», а также плана НИР ТИИМ на период 2006-2013 годы.

Целью исследования является разработка научно-обоснованных технологических основ эксплуатации ирригационных и мелиоративных систем в условиях нарастающего дефицита оросительной воды применительно для АВП Узбекистана.

Для достижения намеченной цели сформулированы следующие **задачи исследований:**

- разработать методику оперативной корректировки планов водопользования в условиях дефицита водных ресурсов;

- разработать методику оперативной оптимизации площадей сельскохозяйственных угодий при дефиците оросительной воды;

- разработать методику оптимизации площадей сельскохозяйственных культур и объемов оросительной воды с учетом степени дефицита воды;

- разработать модель динамики влажности автоморфных почв;

- установить величину потока влаги на поверхности земли;

- определить изменения уровня грунтовых вод (УГВ) при наличии СГД;

- оценить динамику фильтрационного сопротивления и расхода СГД;

- разработать модель распределения объемной влажности с учетом применяемых агротехнических и мелиоративных мероприятий на орошаемом поле;

- усовершенствовать методику проектирования и технологию планировочных работ с учетом просадки почвогрунтов.

Объектами исследования являлись орошаемые земли: АВП «Сайрам суви» и «Корасув» Куйи-Чирчикского района Ташкентской области, АВП «Н.Мирзаев» Кумкурганского района Сурхандарьинской области, АВП «Сурхан» Джаркурганского района Сурхандарьинской области, АВП «Голиб суви» Зааминского района Джизакской области, АВП «Мадат сув» — ЖРК Каттакурганского района Самаркандской области и АВП «Янгиабод» Мирзаабодского района Сырдарьинской области.

Предмет исследования — экономико-математические модели водodelения и оптимизация площадей сельскохозяйственных культур, влагосберегающие технологии обработки почвогрунтов и модели влагопереноса, а также технология лазерной планировки земель с просадочными грунтами.

Методы исследования включают в себя: обобщение и научный анализ имеющихся фондовых и опубликованных материалов, проведение лабораторных и полевых исследований; мониторинг и моделирование

динамики и направленности гидрологических, гидрогеологических и почвенно-мелиоративных процессов с использованием современных технических средств наблюдений и математических методов, в соответствии с методиками Ташкентского института ирригации и мелиорации, НИИ ирригации и водных проблем при Ташкентского института ирригации и мелиорации, НИИ селекции, семеноводства и агротехнологии выращивания хлопка НИИ почвоведения и агрохимии.

Научная новизна диссертационного исследования состоит в следующем:

- разработана методика водораспределения в условиях различной степени водообеспеченности способствующие повышению продуктивности оросительной воды и эффективному использованию водно-земельных ресурсов;

- разработана методика прогноза динамики УГВ на фоне СГД;

- впервые разработан метод определения эвапотранспирации с учетом развития корневой системы растения, наличия пахотного слоя и глубины УГВ;

- впервые разработана методика по прогнозу изменения влажности на фоне СГД и применяемых технологий: традиционной технологии (корневой – пахотный – подпахотные слои), послойно-поэтапном рыхлении (корневой – подпахотные слои), глубоком рыхлении поля в невегетационный период для накопления влаги в почвогрунтах (пахотный – подпахотные слои);

- разработана методика проектирования и технология планировочных работ на просадочных почвогрунтах.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

- разработаны экономико-математические программы расчета для повышения продуктивности оросительной воды и эффективного использования водно-земельных ресурсов на ЭВМ в условиях различной степени водообеспеченности по вододелению между культурами, согласованию площадей культур, оптимизации площадей сельскохозяйственных культур и их водопотреблению;

- предложены усовершенствованные модели динамики влажности автоморфных почв;

- разработан метод определения величины потока влаги на поверхности земли с учетом развития корневой системы растения, наличия пахотного слоя и УГВ;

- предложена модель по прогнозу изменения УГВ при наличии СГД;

- разработана зависимость динамики фильтрационного сопротивления и расхода СГД;

- предложены математические модели и программы расчета на ЭВМ по прогнозу изменения влажности на орошаемом поле на фоне СГД при традиционной технологии, послойно-поэтапном рыхлении, глубоком рыхлении поля в невегетационном периоде для накопления влаги в почвогрунтах;

- разработана усовершенствованная методика проектирования и

технология планировочных работ на просадочных почвогрунтах.

Достоверность полученных результатов подтверждается применением при исследовании мелиоративных процессов общепринятых научных методов, стандартных и апробированных в производственных и полевых условиях методик исследования. Выводы основаны на экспериментальных данных с теоретическими расчетами.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследований заключается в научном обосновании эффективных путей прогнозирования направленности мелиоративных процессов и их управления, а также технологических приемов рационального использования водно-земельных ресурсов в орошаемой зоне Узбекистана. Использование результатов исследований позволит снизить ущерб от дефицита оросительной воды, оптимизировать технологии агротехнических и мелиоративных мероприятий, вести устойчивое сельскохозяйственное производство в условиях дефицита водных ресурсов.

Внедрение результатов исследования.

Разработанные методики по оперативной корректировке плана водопользования и площадей сельскохозяйственных культур, а также по лазерной планировке земель были внедрены в ведомственные организации Министерства сельского и водного хозяйства Узбекистана, что увеличило экономическую эффективность хозяйств на 283,48 тыс.сум/га по сравнению с традиционным методом (Справка о внедрении 04/29-103 от 15.01.2015 г. МСВХ).

Результаты научных исследований автора были внедрены в рамках проекта Азиатского банка развития «Повышение производительности зерновых культур», экономический эффект составил 10-15 долларов США/га (Справка о внедрении 213905/01/012609 от 26.01.2009 г. Mott MacDonald Environmental Consultants Ltd).

Полученные научные разработки были внедрены в проекте «Схема комплексного использования водных ресурсов Республики Узбекистан на 2013-2027 гг.» (Справка о внедрении 04/29-254 от 20.02.2015 г. МСВХ; Справка о внедрении 02-13ГСХ №02 от 3.12.2014 г. Объединение по проектированию водохозяйственных объектов Водпроект).

Апробация работы. Результаты исследований докладывались на международных и региональных научно-технических конференциях: международная научно-практическая конференция «Водо- и ресурсосберегающие технологии в сельском хозяйстве Республики Узбекистан» (Ташкент, 2008 г.); 7-практическая конференция молодых ученых «Актуальные проблемы использования земельных и водных ресурсов в условиях дефицита воды и переходного периода к рыночным условиям» (Ташкент, 2008 г.); международная научно-практическая конференция «Повышение эффективности мелиорации и сельскохозяйственного использования мелиорированных земель» (Минск, 2009 г.); 8-практическая конференция молодых ученых «Актуальные проблемы использования земельных и водных ресурсов» (Ташкент, 2009 г.); семинар-тренинге Сената

Олий Мажлиси и UNESCO «Устойчивое использование водных ресурсов в Узбекистане», на научно-производственных конференциях профессорско-преподавательского состава ТИИМ (2008-2014 гг.), в тренингах в рамках проекта АБР «Повышение продуктивности зерновых культур»; Проекта ПРООН «Содействие развитию потенциала Фонда Мелиоративного улучшения земель» и на других научных конференциях и симпозиумах.

Основные материалы работ в виде научных отчетов и докладов рассматривались на заседаниях Ученого совета ТИИМ (2005-2014 гг.), Ученого совета ИВП АН РУ и ряда других производственных и научных организаций (2005-2011 гг.).

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликованы 38 работ, из них 12 в республиканских и 5 зарубежных периодических изданиях.

Структура и объем диссертации. Диссертация содержит 200 страниц машинописного текста, включает в себя 46 рисунков, 20 таблиц и состоит из введения, 3 частей, заключения и приложения. Библиография включает 277 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность темы диссертации, формулируется цель и задачи, объект исследования, приводится соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, раскрывается научная новизна и практическая значимость результатов, обосновывается достоверность, приведен список внедрений в практику, а также сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой части дан анализ современному состоянию водно-земельных ресурсов и перспектива повышения их эффективного использования в орошаемом земледелии, в частности рассмотрены вопросы технического состояния мелиоративных систем, проблемы ирригации и дренажа, качественной характеристики орошаемых земель, а также история развития АВП Узбекистана.

Во второй части рассматриваются вопросы составления экономико-математической модели водопользования в условиях дефицита водных ресурсов, дан анализ экономико-математических моделей оперативного водопользования и подходов по составлению и реализации планов водопользования, предложены оперативные мероприятия при водопользовании.

Водораспределение между членами (водопользователями и водопотребителями) АВП и внутри хозяйств осуществляется на основе системных и хозяйственных планов водопользования, теоретические основы которых впервые заложили акад. А.Н.Костяков и проф. Н.А.Янишевский. Затем их развили акад. И.А.Шаров, проф. С.Р.Оффенгендея, проф. В.А.Шаумян, проф. М.Ф.Натальчук, проф. Х.А.Ахмедов, проф. Б.С.Серикбаев, к.т.н. Н.Н.Мирзаев, проф.Ф.А.Бараев, а также зарубежные ученые.

$$Y_i = -A_0 Y_{iopt} \left(\frac{M_i}{M_{iopt}} - 1 \right)^2 + Y_{iopt}; \quad (1)$$

Экономико-математическая модель для оперативной корректировки планов водопользования при дефиците водных ресурсов. Предлагаемая система уравнений имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} (P_1 - C_1)Y_1 \cdot F_1 + (P_2 - C_2)Y_2 \cdot F_2 + ... + (P_n - C_n)Y_n \cdot F_n = G_{\max} \\ Y_1 = -A_1 \cdot Y_{1opt} \left(\frac{M_1}{M_{1opt}} - 1 \right)^2 + Y_{1opt} \\ Y_2 = -A_2 \cdot Y_{2opt} \left(\frac{M_2}{M_{2opt}} - 1 \right)^2 + Y_{2opt} \\ \\ Y_n = -A_n \cdot Y_{nopt} \left(\frac{M_n}{M_{nopt}} - 1 \right)^2 + Y_{nopt} \\ M_1 \cdot F_1 + M_2 \cdot F_2 + ... + M_n \cdot F_n = K_{JIM} (M_{1opt} \cdot F_1 + M_{2opt} \cdot F_2 + ... + M_{nopt} \cdot F_n) \end{array} \right. \quad (2)$$

Опыты проводились, при участии Худайназарова Ж.К., 2008 - 2010 годы на 11 фермерских хозяйств в двух категориях, первая на мелкоделяночных массивах для определения зависимости урожая от водообеспеченности и вторая для испытания методики оперативного распределения воды между пятью культурами (табл. 1).

Таблица 1

37

По традиционному методу	Расчетная оросительная норма, м ³ /га	1470	3500	2870	2415	2058	
По предлагаемому методу	Расчетная площадь, га	44	10	7	3	3	67
	Расчетная оросительная норма, м ³ /га	2100	5000	4100	3450	2940	
Урожайность, ц/га							
Оптимальная биологическая	Фактическая	80	61	135	120	14	
По традиционному методу	Расчетная	44	32	71	63	7	
	Контроль	46	30	68	57	9	
По предлагаемому методу	Расчетная	80	61	135	120	14	
	Опыт	78	56	115	110	18	
Доход, тыс. сум							
Оптимальная биологическая	Фактическая	2 400	6 863	23 085	17 520	7 000	56 868
По традиционному методу	Расчетная	1 320	3 600	12 141	9 198	3 500	29 759
	Контроль	1 380	3 375	11 628	8 322	4 500	29 205
По предлагаемому методу	Расчетная	21 120	2 745	10 773	2 628	10 500	47 766
	Опыт	20 592	2 520	9 177	2 409	13 500	48 198

Из данных таблицы видно, что максимальная прибыль приходится на хозяйства, которые следовали предложенной методике оптимизации сельскохозяйственных угодий, а не по хаотичному методу, используемому в настоящее время многими фермерами и владельцами приусадебных участков.

Экономико-математическая модель оптимизации площадей сельскохозяйственных культур и объемов вододеления в условиях дефицита оросительной воды. В условиях аридной зоны и изменчивости водных ресурсов для получения максимального дохода необходимо варьирование объемами оросительной воды и площадями сельскохозяйственных культур. Для решения данного вопроса нами разработана экономико-математическая модель оптимизации площадей сельскохозяйственных культур и подаваемой оросительной воды в зависимости от степени маловодья, в основе которой лежит следующая система уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^N (P_i - C_i) Y_i F_{iopt} = G_{\max}; \quad \sum_{i=1}^N M_{iopt} F_{iopt} = K_{\text{ЛИМ}} \sum_{i=1}^N M'_{inor} F'_i = W; \quad F = \sum_{n=1}^N F_i; \\ F_{1opt} = f_1 F; \quad W_1 = w_1 W; \quad M_1 = \frac{W_1}{F_{1opt}}; \quad Y_1 = -A_1 \left(\frac{M_1}{M_{1opt}} - 1 \right)^2 + Y_{1\max}; \\ F_{2opt} = f_2 F; \quad W_2 = w_2 W; \quad M_2 = \frac{W_2}{F_{2opt}}; \quad Y_2 = -A_2 \left(\frac{M_2}{M_{2opt}} - 1 \right)^2 + Y_{2\max}; \\ \dots\dots\dots \\ F_{Nopt} = f_N F; \quad W_N = w_N W; \quad M_N = \frac{W_N}{F_{Nopt}}; \quad Y_N = -A_N \left(\frac{M_N}{M_{Nopt}} - 1 \right)^2 + Y_{N\max} \end{array} \right. \quad (4)$$

здесь f_i , w_i – соотношение соответственно площади культуры к общей площади и объема воды к общему лимитированному объему.

Ниже приведена итоговая таблица 3, позволяющая сравнить оптимизированные площади пяти сельскохозяйственных культур и оросительной нормы. В этой таблице также приведены значения урожайности и доход по расчетным и фактическим данным при полевых экспериментах.

Таблица 3

Оптимизация площадей и оросительных норм пяти культур

Варианты		Люцерна	Куку- руза	Картофель	Томат	Маш	Всего
Оптимальная биологическая	Площадь, га	1	2,5	0,5	1	2	7
	Оросительная норма, м ³ /га	2100	5000	4100	3450	2940	
По традиционному методу	Оросительная норма, м ³ /га	1785	4250	3485	2932,5	2499	
По предлагаемому методу	Площадь, га	2	1,5	1	0,5	2	7
	Оросительная норма, м ³ /га	2000	4300	4050	3400	2940	
Урожайность, ц/га							
Оптимальная биологическая	Фактическая	80	61	135	120	14	
По традиционному методу	Расчетная	73,8	56,2	119,4	111,4	12,8	
	Контроль	74,1	55,4	121,3	110,2	13,4	
По предлагаемому методу	Расчетная	77,6	59,4	129,4	117,3	13,7	
	Опыт	78	56	125	115	14	
Доход, тыс. сум							
Оптимальная биологическая	Без дефицита воды	480,0	686,3	769,5	876,0	7 000,0	9 811,8
По традиционному методу	Расчетная	442,8	632,3	680,6	813,2	6 400,0	8 968,9
	Контроль	444,6	623,3	691,4	804,5	6 700,0	9 263,7
По предлагаемому методу	Расчетная	931,2	401,0	1 475,2	428,1	6 850,0	10 085,5
	Опыт	936,0	378,0	1 425,0	419,8	7 000,0	10 158,8

Согласно данным таблицы видно, что доход в хозяйствах, которые следовали предложенной методике оптимизации сельскохозяйственных угодий и водоподачи возросла по сравнению с хаотичным – интуитивным методом, используемому на сегодняшний день многими фермерами и владельцами приусадебных участков.

В третьей части рассмотрены исследования влажности почв и технология планировки на просадочных грунтах. Ограниченность водных ресурсов региона требует разработки более точных и математически обоснованных методик управления влагой на орошаемом поле. Такие работы велись в школах крупнейших ученых: С.Ф.Аверьянова, Ф.Б.Абуталиева, Ф.А.Бараева, П.Я.Полубаринова-Кочиной, Р.К.Икрамова, С.В.Нерпина, Б.С.Серикбаева, В.М.Шестакова, А.Ф.Чудновского, Гарднера, Клюта,

Ричардса, Чайлдса, Дж.Филиппа и др. Важно отметить, что решения получены без учета влияния работы СГД, а также значения коэффициентов влагопереноса и диффузивности приняты постоянными от времени.

Динамика влагопереноса в автоморфных почвах в начальный период развития растений. Проведенные до настоящего времени исследования доказали несостоятельность упрощенных трактовок управления продуктивностью агроэко-систем, когда во внимание принимались или изменения только нескольких изолированных показателей, либо об информативности интегральных показателей обычно судили по данным корреляционного и регрессионного анализов, что не всегда отражает реальные процессы, происходящие в системе «почва–вода–растение».

В начальный период развития растений при автоморфных почвах, когда транспирацией E_T можно пренебречь, для двухслойной среды, состоящей из пахотного и подпахотного слоев, будет использована следующая математическая модель:

$$\begin{cases} \frac{d}{dz} \left[D_1(W_1) \frac{dw_1}{dz} \right] - \frac{dK_1(W_1)}{dz} = 0, (0 \leq z \leq z_1) \\ \frac{d}{dz} \left[D_2(W_2) \frac{dw_2}{dz} \right] - \frac{dK_2(W_2)}{dz} = 0, (z_1 \leq z \leq L) \end{cases} \quad (5)$$

$$W(0) = W_{\text{ПР}} = \text{const}, \quad W_1(z_1) = W_2(z_1)$$

$$\left[K_1(W_1) - D_1(W_1) \frac{dW_1}{dz} \right]_{z=z_1} = \left[K_2(W_2) - D_2(W_2) \frac{dW_2}{dz} \right]_{z=z_1}$$

$$W_2(L) = W_{\text{ПВ}}$$

где соответственно для пахотного и подпахотного слоев: W_1, W_2 – объемные влажности; коэффициенты влагопроводности приняты в виде: $K_1(W_1) = A_1 e^{A_2 z}, K_2(W_2) = B_1 e^{B_2 z}$. Так как рассматривается стационарный режим, за коэффициенты диффузивности использовались их средние значения: $D_1(W_1) = D_1 = \text{const}, D_2(W_2) = D_2 = \text{const}$;
 L – глубина грунтовых вод, м; z_1 – граница между пахотным и подпахотным слоями, м; $W_{\text{ПР}}$ – некоторая промежуточная влагоемкость между влажностью завядания W_3 и предельной влагоёмкостью $W_{\text{ПВ}}$, т.е. $W_3 < W_{\text{ПР}} < W_{\text{ПВ}}$, $W_{\text{ПВ}}$ – полная влагоемкость; z – вертикальная координата, направленная вниз от поверхности земли. Решая задачу, получим распределение объемной влажности как функции z :

$$W_1(z) = \frac{A_1}{A_2 D_1} (e^{A_2 z} - 1) + \frac{z}{G} \left[W_{\text{ПВ}} - W_{\text{ПР}} + \frac{A_1}{A_2 D_1} - \frac{B_1}{B_2 D_2} (e^{B_2 L} - e^{B_2 z_1}) - \frac{A_1}{A_2 D_1} e^{A_2 z_1} \right] + W_{\text{ПР}} \quad (6)$$

$$0 \leq z \leq z_1$$

$$W_2(z) = W_{\text{ПВ}} - \frac{B_1}{B_2 D_2} (e^{B_2 L} - e^{B_2 z}) - \frac{D_1(L-z)}{D_2 G} \left[W_{\text{ПВ}} - W_{\text{ПР}} + \frac{A_1}{A_2 D_1} - \frac{B_1}{B_2 D_2} (e^{B_2 L} - e^{B_2 z_1}) - \frac{A_1}{A_2 D_1} e^{A_2 z_1} \right], \quad (7)$$

$$z_1 \leq z \leq L$$

Взаимосвязь влагопереноса в автоморфных почвах с учетом развития корневой системы. Начиная с периода времени, когда корневая система будет находиться в пахотном слое и транспирацией E_T пренебрегать

нельзя, вместо краевой задачи (5) рассматривается следующая:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{dz} \left[D_1(W_1) \frac{dW_1}{dz} \right] - \frac{dK_1}{dz} - \frac{12E_T}{7(\delta + u_*)} \left[1 - \frac{z}{2(\delta + u_*)} - \frac{z^2}{2(\delta + u_*)^2} \right] = 0, \quad (0 \leq z \leq \delta + u_*) \\ \frac{d}{dz} \left[D_1^*(W_1^*) \frac{dW_1^*}{dz} \right] - \frac{dK_1^*}{dz} = 0, \quad (\delta + u_* \leq z \leq z_1) \\ \frac{d}{dz} \left[D_2(W_2) \frac{dW_2}{dz} \right] - \frac{dK_2}{dz} = 0, \quad (z_1 \leq z \leq L) \end{array} \right. \quad (8)$$

$$\begin{aligned} W_1(z) \Big|_{z=0} &= W_{\text{ПП}} = \text{const} & W_1(\delta + u_*) &= W_1^*(\delta + u_*) \\ \left[K_1(W_1) - D_1(W_1) \frac{dW_1}{dz} \right]_{z=\delta+u_*} &= \left[K_1^*(W_1^*) - D_1^*(W_1^*) \frac{dW_1^*}{dz} \right]_{z=\delta+u_*} & W_1^*(z_1) &= W_2(z_1) \\ \left[K_1^*(W_1^*) - D_1^*(W_1^*) \frac{dW_1^*}{dz} \right]_{z=z_1} &= \left[K_2(W_2) - D_2(W_2) \frac{dW_2}{dz} \right]_{z=z_1} & W_2(L) &= W_{\text{ПБ}} = \text{const} \end{aligned}$$

Дополнительно к предыдущим обозначениям введем следующие:

$$K_1^*(W_1^*) = A_1^* e^{A_2^* z}, \quad D_1^*(W_1^*) = D_1^* = \text{const}$$

δ – глубина корневой системы; $U = \delta + u_*$ – глубина, с которой возможен подсос влаги корнями растений. Здесь выполнено условие:

$$\frac{12E_T}{7(\delta + u_*)} \int_0^{\delta+u_*} \left[1 - \frac{z}{2(\delta + u_*)} - \frac{z^2}{2(\delta + u_*)^2} \right] dz = E_T \quad (9)$$

Введем следующие обозначения:

$$\begin{aligned} P &= D_1 D_2 (z_1 - U) + D_1^* D_2 U + D_1^* D_1 (L - z_1) \\ \Phi_1 &= W_{\text{ПБ}} - W_{\text{ПП}} - \frac{B_1}{B_2 D_2} [e^{B_2 L} - e^{B_2 z_1}] - \frac{A_1^*}{A_2^* D_1^*} [e^{A_2^* z_1} - e^{A_2^* U}] - \frac{A_1}{A_2 D_1} [e^{A_2 U} - 1] + \\ &+ \frac{3A_5 U^2}{8D_1} - \frac{7A_5 U}{12D_1} \left[\frac{z_1 - U}{D_1^*} - \frac{L - z_1}{D_2} \right] \end{aligned}$$

Распределение объёмной влажности как функции глубины будет иметь вид:

$$\begin{aligned} W_1(z) &= W_{\text{ПП}} + \frac{A_1}{A_2 D_1} [e^{A_2 z} - 1] + \frac{12E_T z^2}{7D_1^2 (\delta + u_*)} \left[\frac{1}{2} - \frac{z}{12U} - \frac{z^2}{24U^2} \right] + D_1^* D_2 \frac{\Phi_1}{P} \quad 0 \leq z \leq \delta + u_* \\ W_1^*(z) &= \frac{A_1^*}{A_2^* D_1^*} [e^{A_2^* z} - e^{A_2^* (\delta + u_*)}] + z \left[D_1 D_2 \frac{\Phi_1}{P} + \frac{7A_5 (\delta + u_*)}{12D_1^*} \right] + \frac{A_1}{A_2 D_1} (e^{A_2 (\delta + u_*)} - 1) + \\ &+ W_{\text{ПП}} - \frac{3A_5}{8D_1} (\delta + u_*)^2 + \left[(D_1^* - D_1) D_2 \frac{\Phi_1}{P} - \frac{7A_5 (\delta + u_*)}{12D_1^*} \right] (\delta + u_*) \quad \delta + u_* \leq z \leq z_1 \\ W_2(z) &= W_{\text{ПБ}} - \frac{B_1}{B_2 D_2} (e^{B_2 L} - e^{B_2 z}) + (L - z) \left[D_1 D_1^* \frac{\Phi_1}{P} + \frac{7A_5 (\delta + u_*)}{12D_2} \right] \quad z_1 \leq z \leq L \end{aligned} \quad (10)$$

О способе определения потока влаги на поверхности земли. В данной работе учитывается изменение объёмной влажности в пределах от влажности завядания до ее предельной полевой влагоемкости. Вместе с этим, при определении закономерностей передвижения влаги и питательных веществ и

отражении реальных процессов в системе «почва–вода–растение», необходимо учитывать не только слоистое строение среды, но и степень развития органов растений в вегетационный период.

Когда корневая система находится в пахотном слое и транспирацией E_T пренебрегать нельзя, влажность определяется зависимостью (10). Если в решении краевой задачи (6) применить зависимость $W_1(z)|_{z=0} = W_{ПП} = const$, то первое уравнение в системе (10) примет следующий вид ($0 \leq z \leq \delta + u^*$):

$$W_1(z) = \frac{1}{D_1} \left\{ \frac{6z^2 E_T}{7(\delta + u_*)} \left[1 - \frac{z}{6(\delta + u_*)} - \frac{z^2}{12(\delta + u_*)^2} \right] - \frac{A_1}{A_2} (e^{A_2(\delta + u_*)} - e^{A_2 z}) - E_\phi [z - (\delta + u_*)] \right\} -$$

$$- \left[A_1 e^{A_2(\delta + u_*)} + E_T - E_\phi \left(\frac{L - z_1}{D_2} + \frac{z_1 - (\delta + u_*)}{D_1^*} \right) \right] - \frac{B_1}{B_2 D_2} (e^{B_2 L} - e^{B_2 z_1}) -$$

$$- \frac{A_1^*}{A_2^* D_1^*} (e^{A_2^* z_1} - e^{A_2^*(\delta + u_*)}) - \frac{9E_T}{14D_1} (\delta + u_*) + W_{ПВ}; \quad (11)$$

Приравнявая уравнение (7) и (10) при $z=0$, определяем E_ϕ :

$$E_\phi = \frac{W_{ПП} - W_{ПВ} - \frac{B_1}{B_2 D_2} (e^{B_2 L} - e^{B_2 z_1}) + \frac{A_1^*}{A_2^* D_1^*} (e^{A_2^* z_1} - e^{A_2^* u}) + \frac{9E_T}{14D_1} u + \frac{A_1}{A_2 D_1} (e^{A_2 u} - 1) + (A_1 e^{A_2 u} + E_T) \left[\frac{L - z_1}{D_2} + \frac{z_1 - u}{D_1^*} \right]}{\frac{u}{D_1} + \left[\frac{L - z_1}{D_2} + \frac{z_1 - u}{D_1^*} \right]} \quad (12)$$

Зависимость (12) подтверждает гипотезу Дж. Филиппа о прямо пропорциональной зависимости между потоком влаги на поверхности E_ϕ и влагоёмкостью.

Определение положения свободной поверхности подземных вод при наличии СГД. Исходным дифференциальным уравнением для определения уровня грунтовых вод является уравнение частных производных параболического типа, т.е. линеаризованная постановка А.Я. Олейника:

$$m_0 \frac{\partial h}{\partial t} = K_1 h_{CP} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + a_1 - b_1 h + \varepsilon(t), \quad (13)$$

где m_0 – пористость грунта; h – уровень грунтовых вод, как функция пространственной координаты x и времени t , отсчитываемой от нижнего заглубления горизонтального дренажа, а h_{CP} – среднее значение уровня грунтовых вод за рассматриваемый промежуток времени; K_1 – коэффициент фильтрации среды, в которой расположен СГД; $\varepsilon(t)$ – интенсивность инфильтрации.

$$a_1 = \frac{W_0 h_{KP}}{m_B - h_{KP}}; \quad b_1 = \frac{W_0}{m_B - h_{KP}}$$

здесь W_0 – испарение на поверхности почвы при $h = m_B$; h_{KP} – критическая глубина, при которой испарением можно пренебречь.

Частное решение уравнения (13) ищется в виде:

$$h(x, t) = \alpha(t) R(x) + \beta(t), \quad (14)$$

где

$$R(x) = C_1 sh \sqrt{\nu} x + C_2 ch \sqrt{\nu} x$$

С учетом (14) и решая (13) получаем зависимость в виде:

$$h(x,t) = -\frac{ch\sqrt{\nu}(L-x)[h(L,0)-h(0,0)]}{ch\sqrt{\nu}L-1}e^{-\frac{b_1-k_1h_{CP}\nu}{m_0}t} + \left[h(L,0) + \frac{h(L,0)-h(0,0)}{ch\sqrt{\nu}L-1} - \frac{a_1}{b_1} \right] e^{-\frac{b_1t}{m_0}} + \frac{a_1}{b_1} + \frac{\varepsilon}{b_1} \quad (15)$$

Необходимо отметить, что в вегетационный период $\varepsilon=0$, $W_{ПР} \neq 0$. А во вневегетационный период (в период промывки земель) из-за отсутствия испарения $a_1/b_1=0$, а инфильтрация $\varepsilon \neq 0$.

П.Я.Полубаринова-Кочина предложила определять величину h_{CP} , воспользовавшись методом В.М. Шестакова, т.е. h_{CP} – это среднее значение максимального и минимального уровня грунтовых вод. Конечно же, такой подход не всегда приемлем для орошаемого земледелия, где колебание уровня грунтовых вод зависит от орошения. Поэтому используя (15) определим среднее значение уровня грунтовых вод на фиксированный период времени:

$$h_{CP}|_{t=t_0} = \frac{1}{L} \int_0^L h(x, t_0) dx = \left[h(L,0) + \frac{h(L,0)-h(0,0)}{ch\sqrt{\nu}L-1} - \frac{a_1}{b_1} \right] e^{-\frac{b_1-k_1h_{CP}\nu}{m_0}t_{ID}} + \frac{a_1}{b_1} + \frac{\varepsilon}{b_1} - \frac{sh\sqrt{\nu}L[h(L,0)-h(0,0)]}{\sqrt{\nu}L(ch\sqrt{\nu}L-1)} e^{-\frac{b_1-k_1h_{CP}\nu}{m_0}t_{ID}} \quad (16)$$

Выражение (15) является трансцендентным, поэтому его решение определяется путем построения графика.

Определение фильтрационного сопротивления и расхода СГД. Для нахождения фильтрационного сопротивления дренажа, воспользуемся граничным условием, имеющихся в работе А.Я.Олейника:

$$t > 0, \quad x=0, \quad \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{h}{2\Phi} = 0$$

$$\Phi = \frac{1}{2} \left[\frac{C}{C_*} e^{-\frac{k_1h_{CP}\nu}{m_0}t} + \frac{a_1 + \varepsilon}{C_*b_1} e^{-\frac{b_1-k_1h_{CP}\nu}{m_0}t} - cth\sqrt{\nu}L \right] \quad (17)$$

Объем воды на 1 пог.м в междуренье при СГД будет исчисляться по следующей зависимости:

$$\bar{W}_{ad}^{(t)} = 2m_0 \left[\frac{\emptyset_1}{\sqrt{\nu}} sh\sqrt{\nu}Le^{-\frac{b_1-k_1h_{CP}\nu}{m_0}t} + \emptyset_2 Le^{-\frac{b_1t}{m_0}} + \emptyset_3 L \right] \quad (18)$$

$$\text{здесь } \emptyset_1 = -\frac{[h(L,0)-h(0,0)]}{ch\sqrt{\nu}L-1}, \quad \emptyset_2 = h(L,0) + \frac{h(L,0)-h(0,0)}{ch\sqrt{\nu}L-1} - \frac{a_1}{b_1}, \quad \emptyset_3 = \frac{a_1}{b_1} + \frac{\varepsilon}{b_1} \quad (19)$$

Т.е. расход воды при СГД будет определяться по нижеприведенной формуле:

$$Q_{dp}^{(t)} = \frac{\bar{W}_{dp}^{(t_1)} - \bar{W}_{dp}^{(t_2)}}{86,4(t_1 - t_2)} l_{dp} \quad (20)$$

где l_d – длина дренажа, м.

Распределение объемной влажности в однородной среде. Уравнение, рассматривающее нестационарный процесс влагопереноса будет иметь следующий вид:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D(W) \frac{\partial W}{\partial z} \right] - \frac{\partial K}{\partial z}, \quad (0 \leq z \leq z_{\text{óÀÀ}}) \quad (21)$$

$$W_2(z_{\text{УГВ}}(x, t)) = W_{\text{ПБ}} = \text{const}; \quad K(W) = K_{\phi} + \varphi(t)(z_{\text{УГВ}} - z)$$

$Z_{\text{УГВ}}(x, t)$ в уравнении (19) является значением уровня грунтовых вод определяемой из следующего уравнения на фиксированный момент времени t_i .

$$z_{\text{УГВ}}(x, t_i) = m_g + d + \frac{ch\sqrt{v}(L-x)[h(L,0)-h(0,0)]}{ch\sqrt{v}L-1} e^{\frac{b_1-k_1h_{\text{CP}}v}{m_0}t_i} - \left[h(L,0) + \frac{[h(L,0)-h(0,0)]}{ch\sqrt{v}L-1} - \frac{a_1}{b_1} \right] e^{\frac{b_1}{m_0}t_i} - \frac{a_1}{b_1} - \frac{\varepsilon}{b_1} \quad (22)$$

$D_2(W)$ – коэффициент диффузивности почвенной влаги, $D_2(x, t) = R_2 e^{\frac{D_2 t}{\gamma_2}} \cdot R_2$ – некоторая постоянная, определяемая сравнением теоретических и опытных данных. $K(x, z, t)$ – коэффициент влагопроводности почвенной влаги.

Решение (21) уравнения ищется в виде:

$$W(x, z, t) = \gamma_1(t)(Z_{\text{УГВ}} - Z)^3 + \gamma_2(t)(Z_{\text{УГВ}} - z)^2 + \gamma_3(t)(Z_{\text{УГВ}} - z) + \gamma_4$$

где x – расстояние от рассматриваемой точки до СГД. При $z = Z_{\text{УГВ}}$, согласно предыдущим записям, выполняются следующие условия: $W_{\text{ПБ}} = \gamma_4$; $K = K_{\phi}$

Распределение объемной влажности в однородной среде при наличии СГД:

$$W(x, z, t) = \gamma_1(Z_{\text{УГВ}} - Z)^3 - [3\gamma_1 Z_{\text{УГВ}} - \gamma_2^*](Z_{\text{УГВ}} - z)^2 + [3\gamma_1 Z_{\text{УГВ}}^2 - 2\gamma_2^* Z_{\text{УГВ}} + 6\gamma_1 D + \gamma_3^*](Z_{\text{УГВ}} - z) + W_{\text{ПБ}} \quad (23)$$

Изменение объемной влажности во вневегетационный период с учетом работы СГД. При работе СГД во вневегетационный период обычно необходимо рассматривать распределение объемной влажности в слоях: пахотного, а также подпахотного слоя, простирающегося до подвижного УГВ, обуславливаемого работой дренажа.

Для описания распределения объемной влажности в изучаемой среде рассматривается следующая краевая задача:

$$\begin{cases} \frac{\partial W_1^*}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_1^*(W_1^*) \frac{\partial W_1^*}{\partial z} \right] - \frac{\partial K_1^*}{\partial z}, & (0 \leq z \leq z_1) \\ \frac{\partial W_2}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_2(W_2) \frac{\partial W_2}{\partial z} \right] - \frac{\partial K_2}{\partial z}, & (z_1 \leq z \leq z_{\text{УГВ}}) \end{cases} \quad (24)$$

$$W_{\text{ПОВ}} = W_1^*(x, 0, t) = \begin{cases} W_{\text{ПН}} + (W_{\text{ППБ}} - W_{\text{ПН}}) \cdot th(\omega^* t) \\ W_{\text{ПН}} - (W_{\text{ПН}} - W_3) \cdot th(\omega t) \end{cases}$$

$$W_1^*(x, z, t) = W_{\text{ПОВ}} + \beta_1(t)z^3 + \beta_2(t)z^2 + \beta_3(t)z$$

$$W_2(x, z, t) = \gamma_1[Z_{\text{УГВ}}(x, 0) - Z]^3 + \gamma_2[Z_{\text{УГВ}}(x, 0) - Z]^2 + \gamma_3[Z_{\text{УГВ}}(x, 0) - Z] + W_{\text{ПБ}}$$

$$\left[K_1^*(W_1^*) - D_1^*(W_1^*) \frac{\partial W_1^*}{\partial z} \right]_{z=z_1} = \left[K_2(W_2) - D_2(W_2) \frac{\partial W_2}{\partial z} \right]_{z=z_1}$$

$$W_2(z_{\text{УГВ}}(x, t)) = W_{\text{ПБ}} = \text{const}$$

здесь t – время; W_1^* – распределение объемной влажности в пределах

пахотного слоя (z_1). В следующем подпахотном слое объемная влажность описывается значением $W_2(x, z, t)$.

$D_1^*(W_1^*)$, $D_2(W_2)$ – коэффициенты диффузивности почвенной влаги в соответствующих слоях: $D_1^*(x, t) = R_1^* e^{-\frac{D_1^* t}{\beta_2}}$, $D_2(x, t) = R_2 e^{-\frac{D_2 t}{\gamma_2}}$. R_1^* , R_2 – коэффициенты, определяемые путем сравнения теоретических и опытных данных. $K_1^*(x, z, t)$, $K_2(x, z, t)$ – коэффициенты влагопроводности почвенной влаги в соответствующих слоях.

Начальное условие второго уравнения выбрано из тех соображений, что при любом распределении объемной влажности на поверхности земли ($W_{\text{пов}} = W_{\text{пн}}$) и для любых t , она принадлежала интервалу $W \in [W_3, W_{\text{ппв}}]$.

Функции $th \omega^* t$, $th \omega t$ – учитывают скорость изменения влажности на поверхности земли ($z=0$), ω^* , ω – коэффициенты определяются путем сопоставления теоретических и экспериментальных данных.

Коэффициент влагопроводности для подпахотного слоя определяется как:

$$K_2(W_2) = K_{\phi_2} + \phi_2(x, t)(Z_{\text{угв}} - z)$$

Решение второго уравнения системы (21) ищется в виде:

$$W_2(x, z, t) = \gamma_1(t)(Z_{\text{угв}} - z)^3 + \gamma_2(t)(Z_{\text{угв}} - z)^2 + \gamma_3(t)(Z_{\text{угв}} - z) + \gamma_4$$

При $z = Z_{\text{угв}}$, согласно предыдущим записям, выполняются следующие условия:

$$W_{\text{пв}} = \gamma_4; \quad K_2 = K_{\phi_2}$$

Коэффициент влагопроводности для подпахотного слоя примет форму:

$$K_2(W) = K_{\phi_2} + \left\{ \left(3\gamma_1 Z_{\text{угв}}^2 + 2\gamma_2^* Z_{\text{угв}} + \frac{6\gamma_1 R_2}{D_2} (3\gamma_1 Z_{\text{угв}} + \gamma_2^*) e^{-\frac{D_2 t}{\gamma_2}} + \gamma_3^* \right) \dot{Z}_{\text{угв}} + \right. \\ \left. + 2R_2 e^{-\frac{D_2 t}{\gamma_2}} [3\gamma_1 Z_{\text{угв}} + \gamma_2^*] \right\} (Z_{\text{угв}} - z) \quad (25)$$

А распределение объемной влажности в подпахотном слое по формуле:

$$W_2(x, z, t) = \gamma_1(Z_{\text{угв}} - z)^3 - [3\gamma_1 Z_{\text{угв}} + \gamma_2^*](Z_{\text{угв}} - z)^2 + \\ + \left(3\gamma_1 Z_{\text{угв}}^2 + 2\gamma_2^* Z_{\text{угв}} + \frac{6\gamma_1 R_2}{D_2} (3\gamma_1 Z_{\text{угв}} + \gamma_2^*) e^{-\frac{D_2 t}{\gamma_2}} + \gamma_3^* \right) (Z_{\text{угв}} - z) + W_{\text{пв}} \quad (26)$$

Распределение влажности в пахотном слое будет иметь вид:

$$W_1^*(x, z, t) = \left\{ \frac{W_{\text{пн}} + (W_{\text{ппв}} - W_{\text{пн}}) \cdot th(\omega^* t)}{W_{\text{пн}} - (W_{\text{пн}} - W_3) \cdot th(\omega t)} \right\} + \beta_1 z^3 + \beta_2 z^2 - \frac{6\beta_1 \beta_2 R_1^*}{D_1^*} e^{-\frac{D_1^* t}{\beta_2}} z \quad (27)$$

Данная зависимость может быть использована для определения оптимальной глубины глубокого рыхления при накоплении влаги во вневегетационный период, а также систематизации агротехнических и мелиоративных мероприятий.

Динамика объемной влажности при послойно-позтапном рыхлении на фоне СГД. Для описания распределения объемной влажности в изучаемой

среде рассматривается следующая краевая задача:

$$\begin{cases} \frac{\partial W_1}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_1(W_1) \frac{\partial W_1}{\partial z} \right] - \frac{\partial K_1}{\partial z} - \frac{12E_t}{7(\delta + u_*)} \left[1 - \frac{z}{2(\delta + u_*)} - \frac{z^2}{2(\delta + u_*)^2} \right], & (0 \leq z \leq \delta + u_*) \\ \frac{\partial W_2}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_2(W_2) \frac{\partial W_2}{\partial z} \right] - \frac{\partial K_2}{\partial z}, & (\delta + u_* \leq z \leq z_{VTB}) \end{cases} \quad (28)$$

$$W_{IOB} = W_1(x, 0, t) = \begin{cases} W_{ПН} + (W_{ППВ} - W_{ПН}) \cdot th(\mu^* t) \\ W_{ПН} - (W_{ПН} - W_3) \cdot th(\mu t) \end{cases}$$

$$W_1(x, z, t) = W_{IOB} + \alpha_1(t)z^3 + \alpha_2(t)z^2 + \alpha_3(t)z$$

$$W_2(x, z, t) = \gamma_1 [Z_{VTB}(x, 0) - Z]^3 + \gamma_2 [Z_{VTB}(x, 0) - Z]^2 + \gamma_3 [Z_{VTB}(x, 0) - Z] + W_{ПВ}$$

$$\left[K_1(W_1) - D_1(W_1) \frac{\partial W_1}{\partial z} \right]_{z=\delta+u_*} = \left[K_2(W_2) - D_2(W_2) \frac{\partial W_2}{\partial z} \right]_{z=\delta+u_*}$$

$$W_2(z_{VTB}(x, t)) = W_{ПВ} = const$$

$D_1(W_1)$ – коэффициент диффузивности почвенной влаги в корневом слое:

$D_1(x, t) = R_1 e^{-\frac{D_1 t}{\alpha_2}}$. R_1 – коэффициент, определяемый путем сравнения теоретических и опытных данных.

Коэффициент влагопроводности для подпахотного слоя определяется как:

$$K_2(W) = K_{\phi 2} + \left\{ \left(3\gamma_1 Z_{VTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{VTB} + \frac{6\gamma_1 R_2}{D_2} (3\gamma_1 Z_{VTB} + \gamma_2^*) e^{-\frac{D_2 t}{\gamma_2}} + \gamma_3^* \right) \dot{Z}_{VTB} + \right. \\ \left. + 2R_2 e^{-\frac{D_2 t}{\gamma_2}} [3\gamma_1 Z_{VTB} + \gamma_2^*] \right\} (Z_{VTB} - z)$$

Распределение объемной влажности в подпахотном слое определяется, как:

$$W_2(x, z, t) = \gamma_1 (Z_{VTB} - z)^3 - [3\gamma_1 Z_{VTB} + \gamma_2^*] (Z_{VTB} - z)^2 + \\ + \left(3\gamma_1 Z_{VTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{VTB} + \frac{6\gamma_1 R_2}{D_2} (3\gamma_1 Z_{VTB} + \gamma_2^*) e^{-\frac{D_2 t}{\gamma_2}} + \gamma_3^* \right) (Z_{VTB} - z) + W_{ПВ} \quad (29)$$

Изменение объемной влажности в корневом слое примет вид:

$$W_1(x, z, t) = \begin{cases} W_{ПН} + (W_{ППВ} - W_{ПН}) \cdot th(\mu^* t) \\ W_{ПН} - (W_{ПН} - W_3) \cdot th(\mu t) \end{cases} + \alpha_1 z^3 + \alpha_2 z^2 - z \frac{6\alpha_1 \alpha_2 R_1}{D_1} e^{-\frac{D_1 t}{\alpha_2}} + \\ + \frac{6E_t z^2}{7D_1(\delta + u_*)} \left[1 - \frac{z}{6(\delta + u_*)} - \frac{z^2}{12(\delta + u_*)^2} \right] \quad (30)$$

Применение данного расчета и анализ данных позволяют предсказать динамику снижения объемной влажности на фоне работы горизонтального дренажа, что способствует оптимизации сроков и глубины проведения послойно-поэтапного рыхления.

Определение объемной влажности в слоистой пористой среде содержащей пахотный, подпахотный слои и свободную поверхность

грунтовых вод. Для описания распределения объемной влажности в изучаемой среде рассматривается следующая краевая задача:

$$\begin{cases} \frac{\partial W_1}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_1(W_1) \frac{\partial W_1}{\partial z} \right] - \frac{\partial K_1}{\partial z} - \frac{12E_t}{7(\delta + u_*)} \left[1 - \frac{z}{2(\delta + u_*)} - \frac{z^2}{2(\delta + u_*)^2} \right], & (0 \leq z \leq \delta + u_*) \\ \frac{\partial W_1^*}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_1^*(W_1^*) \frac{\partial W_1^*}{\partial z} \right] - \frac{\partial K_1^*}{\partial z}, & (\delta + u_* \leq z \leq z_1) \\ \frac{\partial W_2}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_2(W_2) \frac{\partial W_2}{\partial z} \right] - \frac{\partial K_2}{\partial z}, & (z_1 \leq z \leq z_{VTB}) \end{cases} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} W_{ПОВ} = W_1(x, 0, t) &= \begin{cases} W_{ПН} + (W_{ПНВ} - W_{ПН}) \cdot th(\mu^* t) \\ W_{ПН} - (W_{ПН} - W_3) \cdot th(\mu t) \end{cases} & W_1(x, \delta + u_*; t) = W_1^*(x, \delta + u_*; t) \\ \left[K_1(W_1) - D_1(W_1) \frac{\partial W_1}{\partial z} \right]_{z=\delta+u_*} &= \left[K_1^*(W_1^*) - D_1^*(W_1^*) \frac{\partial W_1^*}{\partial z} \right]_{z=\delta+u_*} & W_1^*(x, z_1, t) = W_2(x, z_1, t) \\ \left[K_1^*(W_1^*) - D_1^*(W_1^*) \frac{\partial W_1^*}{\partial z} \right]_{z=z_1} &= \left[K_2(W_2) - D_2(W_2) \frac{\partial W_2}{\partial z} \right]_{z=z_1} & W_2(z_{VTB}(x, t)) = W_{ПВ} = const \end{aligned}$$

Коэффициент влагопроводности для корневого слоя определяется формулой:

$$\begin{aligned} K_1 = [(\delta + u_*) - z] &\left\{ \frac{W_{ПНВ} - W_{ПН}}{ch^2(\omega^* t)} \right\} + D_1(t) z \left(2\alpha_2 + \frac{12E_T}{7(\delta + u_*)^3} \right) - \frac{12E_T z}{7(\delta + u_*)} \left[1 - \frac{z}{4(\delta + u_*)} - \frac{z^2}{6(\delta + u_*)^2} \right] + \\ &+ E_t + D_1(t) \left[3\alpha_1(\delta + u_*)^2 + \frac{6E_T}{7(\delta + u_*)^2} - 6D_1(t) \frac{\alpha_1 \alpha_2^*}{\tilde{D}_1} + \alpha_3^* \right] + 2\beta_2 D_1^*(t)(\delta + u_*) \\ &+ D_1^*(t) \left[3\beta_1 z_1^2 - 6D_1^*(t) \frac{\beta_1 \beta_2}{\tilde{D}_1^*} + \beta_3^* \right] + K_{\Phi 2} + \dot{Z}_{VTB} \left(3\gamma_1 Z_{VTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{VTB} - 6D_2(t) \frac{\gamma_1 \gamma_2^*}{\tilde{D}_2} + \gamma_3^* \right) (Z_{VTB} - z_1) + \\ &+ D_2(t) \left\{ 3\gamma_1 (Z_{VTB} - z_1)^2 + 3\gamma_1 Z_{VTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{VTB} - 6D_2(t) \frac{\gamma_1 \gamma_2^*}{\tilde{D}_2} + \gamma_3^* \right\} - \\ &- D_1^*(t) \left[3\beta_1(\delta + u_*)^2 + 2\beta_2(\delta + u_*) - \frac{6\beta_1 \beta_2 R_1^*}{D_1^*} e^{-\frac{D_1^* t}{\beta_2}} + \beta_3^* \right] \end{aligned}$$

Влажность в корневом слое окончательно примет вид:

$$W_1(x, z, t) = \begin{cases} W_{ПН} + (W_{ПНВ} - W_{ПН}) \cdot th(\mu^* t) \\ W_{ПН} - (W_{ПН} - W_3) \cdot th(\mu t) \end{cases} + \alpha_1 z^3 + \alpha_2 z^2 - \left(6D_1(t) \frac{\alpha_1 \alpha_2}{\tilde{D}_1} + \alpha_3^* \right) z + \frac{6E_T z}{7(\delta + u_*)^2} + \frac{6E_T z^2}{7(\delta + u_*)^3} \quad (32)$$

Коэффициент влагопроводности для подпахотного слоя определяется как:

$$K_2(x, z, t) = K_{\Phi 2} + \left\{ \left(3\gamma_1 Z_{VTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{VTB} - 6D_2(t) \frac{\gamma_1 \gamma_2^*}{\tilde{D}_2} + \gamma_3^* \right) \dot{Z}_{VTB} + 2D_2(t) [3\gamma_1 Z_{VTB} + \gamma_2^*] \right\} (Z_{VTB} - z)$$

Таким образом, распределение объемной влажности в подпахотном слое при наличии СГД будет определяться по формуле:

$$W_2(x, z, t) = \gamma_1(Z_{yTB} - z)^3 - [3\gamma_1 Z_{yTB} + \gamma_2^*](Z_{yTB} - z)^2 + \left(3\gamma_1 Z_{yTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{yTB} - 6D_2(t) \frac{\gamma_1 \gamma_2^*}{\tilde{D}_2} + \gamma_3^*\right)(Z_{yTB} - z) + W_{PB} \quad (33)$$

Коэффициент влагопроводности для пахотного слоя будет иметь вид:

$$K_1^* = D_1^*(t) \left[3\beta_1 z_1^2 - 6D_1^*(t) \frac{\beta_1 \beta_2}{\tilde{D}_1} + \beta_3^* \right] + \dot{Z}_{yTB} \left(3\gamma_1 Z_{yTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{yTB} - 6D_2(t) \frac{\gamma_1 \gamma_2^*}{\tilde{D}_2} + \gamma_3^* \right) (Z_{yTB} - z_1) + \\ + 2\beta_2 D_1^*(t) z + K_{\phi_2} + D_2(t) \left\{ 3\gamma_1 (Z_{yTB} - z_1)^2 + 3\gamma_1 Z_{yTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{yTB} - 6D_2(t) \frac{\gamma_1 \gamma_2^*}{\tilde{D}_2} + \gamma_3^* \right\}$$

Влажность для подпахотного слоя будет иметь вид:

$$W_1^*(x, z, t) = \beta_1 z^3 + \beta_2 z^2 - \left[6D_1^*(t) \frac{\beta_1 \beta_2}{\tilde{D}_1} - \beta_3^* \right] z \quad (34)$$

где

$$\beta_1 = \frac{\gamma_1 (Z_{yTB} - z_1)^3 - [3\gamma_1 Z_{yTB} + \gamma_2^*](Z_{yTB} - z_1)^2 + \left(3\gamma_1 Z_{yTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{yTB} - 6D_2(t) \frac{\gamma_1 \gamma_2^*}{\tilde{D}_2} + \gamma_3^*\right)(Z_{yTB} - z_1) + W_{PB} - \beta_2 z_1^2 - \beta_3^* z_1}{z_1^3 - 6D_1^*(t) \frac{\beta_2}{\tilde{D}_1} z_1}$$

$$\beta_2 = \frac{\left\{ \begin{aligned} &W_{ПН} + (W_{ППВ} - W_{ПН}) \cdot th(\mu^* t) + \alpha_1 (\delta + u_*)^3 + \alpha_2 (\delta + u_*)^2 - \left(6D_1(t) \frac{\alpha_1 \alpha_2}{\tilde{D}_1} + \alpha_3^* \right) (\delta + u_*) \\ &W_{ПН} - (W_{ПН} - W_3) \cdot th(\mu t) \end{aligned} \right\}}{(\delta + u_*)^2 - 6D_1^*(t) \frac{\beta_1}{\tilde{D}_1} (\delta + u_*)} +$$

$$+ \frac{\frac{12E_T}{7(\delta + u_*)} - \beta_1 (\delta + u_*)^3 - \beta_3^* (\delta + u_*)}{(\delta + u_*)^2 - 6D_1^*(t) \frac{\beta_1}{\tilde{D}_1} (\delta + u_*)}$$

Согласно исследованиям, проведенным в Мирзаабадском районе Сырдарьинской области, влажность почвы на поверхности земли снижается несколько быстрее, чем в других частях пахотной и подпахотной зоны. Опыты показали эффективность глубокого рыхления проведенного взамен обыкновенной пахоты, которая способствует не только резкому снижению солей, но и сохранению влаги в вегетационный период.

Анализ данных формул показывает процесс снижения объемной влажности на фоне работы горизонтального дренажа, что позволяет оптимизировать сроки агротехнических и ирригационных мероприятий.

Опыт и прогнозирование просадочных явлений при планировке поверхности орошаемого поля. Подъем культуры орошаемого земледелия может быть, достигнут только при внедрении в жизнь комплекса организационно-хозяйственных, гидротехнических, агрономелиоративных мероприятий, которые обеспечат наилучшие условия для получения высоких и устойчивых урожаев при высокой механизации всех производственных процессов на орошаемом поле. Большое значение в этом комплексе имеет создание на орошаемых полях благоприятного рельефа, отвечающего применяемому способу орошения и техники полива.

Исследованием данного вопроса занимались крупнейшие ученые: Ф.Б.Абуталиев, Х.А.Ахмедов, Р.Х.Базаров, Ф.А.Бараев, Ю.Г.Батраков, А.Н.Вавилов, Х.К.Газиев, И.Д.Дзяндевич, В.А.Духовный, Р.К.Икрамов,

А.Н.Костяков, С.М.Кривовязов, В.Ф.Кулинченко, Н.Т.Лактаев, А.Н.Ляпин, В.Н.Мартенсен, В.Ф.Насенко, Б.С.Серикбаев, Н.И.Самсонова, Г.В.Цивинский, У.Юлдашев и др.

Техника проектирования всеми этими методами сводится к тому, что проектировщик постепенно подбирает нужное положение проектной поверхности для получения баланса земляных работ, но при этом не учитывается просадочность грунтов.

Методика проектирования планировки под наклонную плоскость поливных участков имеющих любую конфигурацию. В настоящее время при проектировании планировочных работ проектные отметки поверхности карт назначаются независимо от степени подверженности грунтов просадкам. Поэтому наши исследования были посвящены решению данной проблемы. Планируемый участок, представляющий собой фигуру с любой конфигурацией, делится на квадраты со сторонами 20х20 м, определяются отметки поверхности земли центров всех квадратов и центр «тяжести» орошаемого поля. Затем поле разделяется на две части и определяются центры «тяжести» половинных участков.

Плоскость, копирующая естественный рельеф участка и дающая минимум работы по срезке и насыпи определяется, как:

$$\begin{vmatrix} x - \bar{x} & y - \bar{y} & z - \bar{h} \\ \bar{x}_1 - \bar{x} & \bar{y}_1 - \bar{y} & \bar{h}_1 - \bar{h} \\ \bar{x}_2 - \bar{x} & \bar{y}_2 - \bar{y} & \bar{h}_2 - \bar{h} \end{vmatrix} = Ax + By + Cz + D \quad (35)$$

здесь $\bar{x}, \bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{y}, \bar{y}_1, \bar{y}_2, \bar{h}, \bar{h}_1, \bar{h}_2$ – координаты абсцисс, ординат и аппликат центра «тяжести» всего и половинных участков.

Приращение к проектной плоскости с учетом просадочности или выпучивания почвогрунтов по следующей зависимости:

$$\Delta h_{np} = h_p K_r = h_p \left(\frac{\rho_1 - \bar{\rho}}{\bar{\rho}} \right) \quad (36)$$

Последняя зависимость рекомендуется для проектирования планировки поливных участков под наклонную плоскость, имеющих любую конфигурацию, с учетом просадочности (выпучивания) почвогрунтов. Формирование необходимой высоты насыпки/срезки грунта может быть выполнена следующими способами (табл.4).

Таблица 4

Перечень технологий, примененных на демонстративном поле

Технология	Удельные расходы, \$/га	Преимущество	Недостатки
Пахота, лазерная планировка земель, засыпка и срезка почвогрунтов, рыхление по диагоналям	460	Относительно высокая точность при формировании проектной плоскости	Большой объем ручного труда и не адаптированность лазерных установок для широкого применения данного

			способа, низкая производительность
Глубокое рыхление по диагонали на поле, лазерная планировка, второе рыхление по противоположной диагонали и завершительная корректирующая планировка	348	Высокое эффективное применение машин и относительная дешевизна работ	Относительно низкое качество планировочных работ по сравнению с 1 и 3 способом
Пахота, лазерная планировка земель, глубокое рыхление по диагонали, корректирующая планировка и второе рыхление по противоположной диагонали	370	Высокое эффективное применение машин и относительная дешевизна работ	Относительно высокая цена по сравнению с 2 способом

Сравнение показало, что наиболее эффективной является последняя технология. Анализ вложения капитальных средств при планировке и рыхлении показал, что наибольшая урожайность достигается при глубоком рыхлении почвы до 60 см.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложена экономико-математическая модель (2) по корректировке планов водопользования в условиях дефицита водных ресурсов. Проблема оптимизации вододеления между культурами в условиях АВП и фермерских хозяйств может быть решена предлагаемой моделью, которая обеспечит минимизацию потерь от сельскохозяйственного производства при дефиците водных ресурсов. Что позволит повысить доход до 342400 сум/га (АВП «Сайрам суви» Куйи-Чирчикского района Ташкентской области) по сравнению с традиционной методикой вододеления.
2. Разработана экономико-математическая модель (3) по оперативной оптимизации площадей сельскохозяйственных угодий при дефиците оросительной воды. Опыт оптимизации посевных площадей указывают на необходимость диверсификации вида и сортов выращиваемых сельскохозяйственных культур, т.к. только за счет правильной диверсификации можно увеличить доход до 454 200 сум/га (фермерское хозяйство «Маматкул Жура угли», АВП «Н.Мирзаев» Кумкурганского района Сурхандарьинской области).
3. Создана экономико-математическая модель (4) по оптимизации площадей сельскохозяйственных культур и объемов вододеления с учетом степени дефицита воды. Реализация методов оптимального размещения сельскохозяйственных культур и водоподачи в условиях дефицита оросительной воды позволило свести к минимуму ущерб сельского хозяйства в маловодные годы. К примеру, в фермерском хозяйстве «Саодат» АВП «Н.Мирзаев» Кумкурганского района Сурхандарьинской области экономическая эффективность после внедрения данной методики была на 821500 сум/га выше контрольного.
4. До сих пор при моделировании потока влаги, связанного с физическим испарением, не учитывалось его изменение в ограниченных пределах. В связи с чем, в данной работе учитывается изменение объемной влажности в пределах

от влажности завядания до предельной полевой влагоемкости. На основе полученных аналитических решений влагопереноса в автоморфных почвах в начальный период развития растений и с учетом развития корневой системы, автором путем решения обратной физической задачи (по методике акад. Ф.Б.Абуталиева) определены физические параметры почвогрунтов рассматриваемых АВП.

5. Впервые получена аналитическая зависимость (12) по определению потока влаги (физическое испарение) на поверхности земли, учитывающей, как агротехнические параметры (глубина вспашки), физические свойства почвогрунтов и развитие корневой системы растений, так и изменение влажности в ограниченных пределах (от влажности завядания до предельной полевой влагоемкости).

6. Автором предложена аналитическая зависимость (15) динамики уровня грунтовых вод на фоне СГД в пространстве и во времени, которая существенно отличается от результатов П.Я.Полубаринова-Кочиной, принимающей среднюю глубину грунтовых вод, как среднее значение максимального и минимального УГВ.

Разработанное (трансцендентное) уравнение (16) позволяет определить уровень грунтовых вод на любой фиксированный период времени и является функцией пористости грунта, коэффициента фильтрации среды, интенсивности инфильтрации, испарение на поверхности почвы, междренного расстояния и критической глубины.

7. Автором создана математическая модель (17) изменения фильтрационного сопротивления и расхода СГД во времени. В отличие от работ акад. С.Ф.Аверьянова, принимающего фильтрационное сопротивление и расход СГД неизменным, автор доказал изменение фильтрационного сопротивления и получил зависимость характеризующую расход СГД.

8. Базируясь на полученной формуле динамики уровня грунтовых вод, автором впервые разработаны модели (23) и комплекс программ для решения задачи по прогнозу влажности для садов, виноградников и многолетних культур, т.е. изменения влажности в однородной среде. Результаты исследований показали, что снижение объемной влажности вблизи дренажа происходит быстрее, нежели в середине междренья.

9. На основе теоретических исследований получена зависимость (26 и 27) изменения влажности в двухслойной среде (невегетационный период, пахотный и подпахотные слои), позволяющая определять динамику влажности в процессе magazинирования в зоне аэрации «искусственных» зимних паводков, вызванных с переходом на энергетическое управление трансграничными водами.

10. Получено численное решение (29 и 30) задачи о динамике влагопереноса при послойно-поэтапном рыхлении на фоне СГД, рассматривающее наличие двухслойной среды (корневой и подпахотные слои). Решение задачи позволит оптимизировать глубину и сроки послойно-поэтапного рыхления, способствующие увеличению межполивных сроков. Предложенная методика моделирования влагопереноса при послойно-поэтапном рыхлении позволила

получить качественно точные данные об изменении влажности по сравнению с ранее применяемой методикой (Бараев Ф.А. и Аббасханов М.).

11. Разработаны математические модели (32, 33, 34), рассматривающие трёхслойную среду (корневой, пахотный и подпахотный слои), которые позволяют определить динамику влажности почвы на орошаемом поле на фоне СГД. Используя методику решения обратных физических задач теории фильтрации акад. Ф.Б. Абуталиева, получены физические параметры почвогрунтов в разрезе рассматриваемых ассоциаций.

12. Усовершенствована методика проектирования (35, 36) лазерной планировки орошаемых земель на просадочных грунтах, позволяющая снизить объем земляных работ до 12-16% (АВП «Мухтарали Юсупов» Кургантепинского района Андижанской области). Разработанная методика планировки способствует равномерной просадке грунта и созданию устойчивой плоскости.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARD OF SCIENTIFIC DEGREE OF
DOCTOR OF SCIENCE 16.07.2013.T.23.01 at TASHKENT INSTITUTE OF
IRRIGATION AND MELIORATION, TASHKENT INSTITUTE OF
ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION AND TASHKENT INSTITUTE
OF RAILWAY TRANSPORT ENGINEERS**

TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND MELIORATION

MURADOV RUSTAM ANVAROVICH

**TECHNOLOGICAL BASES OF OPERATION AND
MAINTANACE OF IRRIGATION AND DRAINAGE SYSTEMS
IN WATER CONSUMERS ASSOCIATIONS**

**06.01.02 - Land reclamation and irrigated agriculture
(technical scinces)**

ABSTRACT OF DOCTORIAL DISSERTATION

The subject of doctoral dissertation is registered the Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan in number 30.09.2014/B2014.5.T355

Doctoral dissertation is carried out at Tashkent Institute of Irrigation and Melioration.

The full text of doctoral dissertation is placed on web page of scientific council 16.07.2013.T.23.01 at Tashkent Institute of Irrigation and Melioration, Tashkent Institute of Architecture and Construction and Tashkent Institute of Railway Transport Engineers to the address tiim.uz/tadqiqotchi/dissertatsiya.

Abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English) is placed on web page to address tiim.uz/tadqiqotchi/avtoreferat and Information-education and Information-educational portal «ZIYONET» to address www.ziyonet.uz

**Scientific
consultant:**

Baraev Fridun Ahmedovich
Doctor of Technical Sciences, Professor.

**Official
opponents:**

Ikramov Rahimjan Karimovich
Doctor of Technical Sciences, Professor.

Bezborodov German Aleksandrovich
Doctor of Technical Sciences.

Myagkov Sergey Vladimirovich
Doctor of Physical-Mathematical Sciences, Professor.

**Leading
organization:**

Tashkent State Agrarian University

Defense will take place on «31» March 2015 at 14⁰⁰ at the meeting of one-time scientific council 16.07.2013.T.23.01 at Tashkent Institute of Irrigation and Melioration, Tashkent Institute of Architecture and Construction and Tashkent Institute of Railway Transport Engineers to address: 100000, Uzbekistan, Tashkent, Kary Niyazov Street, 39. Phone: (99871) 237-46-68; Fax: (99871) 237-38-79, e-mail: admin@tiim.uz.

Doctoral dissertation is registered in Information-resource center at Tashkent Institute of Irrigation and Melioration №01, it possible to review it in IRC (100000, Uzbekistan, Tashkent, Kary Niyazov Street, 39. Phone: (99871) 237-19-45, e-mail: admin@tiim.uz)

Abstract of the dissertation sent out on «27» February 2015 year.
(mailing report No 01 on «27» February 2015year)

M.H.Hamidov

Chairman of one-time scientific council
on award of scientific degree of doctor of science
doctor of science in agriculture, professor

I.A.Ahmedhojaeva

Scientific secretary of one-time scientific council
on award of scientific degree of doctor of science
PhD in tecnics, associate professor

A.T.Salohiddinov

Chairman of Scientific seminar at one-time scientific council
on award of scientific degree of doctor of science
doctor of science in tecnics, professor

ANNOTATION OF DOCTORAL DISSERTATION

Topicality and demand of the subject of dissertation. The experience of advanced countries (USA, Japan, Spain, France and others.) shows that the most effective authority in the water and land management at the landowners level are non-governmental, non-profit and community organizations. These organizations contribute to equitable sharing of water resources, regardless of location, type and size of farmlands, prevention of illegal water withdrawals, reduce the volume of irrigation water losses, improving the quality of maintenance of canals, drainage and other infrastructure.

Uzbekistan water consumers association (WCA) is situating in intermediate position between governmental structure of water management and directly main water consumers. WCAs must be equipped with modern water and land resources management methods and tools, for increasing the water using efficiency, as well as coordination of the association members.

"On measures to improve land reclamation and rational use of water resources" from April 19, 2013 and Cabinet Ministries Decree № KM-82 "Approval order of water use and consumption in the Republic of Uzbekistan" from March 19, 2013, contributed in the providing of these studies. These tasks are designed to mitigate water shortages through the introduction of improved operational adjustment methods of water use plans and optimize areas of crops, improve the efficiency of agronomic and reclamation methods based on the methods of forecasting the dynamics of soil moisture, upgrade laser leveling design methods and technologies.

Conformity of research to priority directions of development of science and technologies of the Republic of Uzbekistan. This work was performed in accordance with the priority areas of science and technology of the Republic of Uzbekistan PAS-7 "Environmental management and ecology; water resources management and improve its management practices".

Review of international scientific researches on the subject of the dissertation. Researches on technological bases of operation irrigation and drainage systems, improving their reliability and durability, developing their design methods under increasing scarcity of irrigation water in irrigated areas, are gaining momentum and some progress are achieved in the United States, Russia, China, India, the Netherlands and other countries.

In publications of the world's leading research centers, such as the International Water Management Institute (IWMI), the International Committee on Irrigation and Drainage (ICID), Moscow State University of Environmental Engineering (MSUEE), Agrophysical Institute (API), FAO (Food and Agriculture Organization) and etc., noted that ongoing research aimed at developing methods of preventing the adverse effects of water scarcity, optimization of humidity control in the irrigated field, process modeling irrigation and land reclamation, the search cost-optimal parameters of irrigation using economic and mathematical modeling.

Degree of study of problem. Significant contribution to the creation of technological bases of operation of irrigation and drainage systems made by the

Uzbekistan scientists. From 1920 TIIM and the Research Institute of Irrigation and Water Problems have been working on optimization of irrigation and land reclamation measures under water resources shortage.

The existing methods for calculating the irrigation regime (A.N. Kostyakov, FAO and others.) is based on biologically optimal water requirements, which is not always acceptable in water scarcity period. Therefore, in addition with existing methods water use plan for irrigated agriculture (I.A. Sharov, N.A. Janiszewski, M.F. Natalchuk, H.A. Akhmedov, B.S. Serikbaev) has needed to implement methods of planning water use, which are based on features of distribution and economic levers (V.A.Dukhovny, N.N. Mirzaev, F.A. Baraev S. Kirda, D.R.Nielson, L.K.Heng) to encourage water users with respect to water as a good.

At the same time, the limited water resources in the region require to develop more accurate and mathematically-based techniques to control moisture irrigated field. In the presently known works (S.F.Averyanov, F.B .Abutaliev, M.B. Baklushin, S.V. Nerpin, V.M. Shestakov, A.F. Chudnovsky, M.G. McCarthy, B . Loveys) have not reviewed by the combined influence of systematic horizontal drainage (SHD), as well as a variety of agronomic and reclamation activities on the dynamics of soil moisture.

Neglecting of subsidence phenomena at land leveling designing (especially capital) leads for re-leveling. Existing design methods and technology (V.Martensen, N.I. Samsonov, H.K. Haziyeu, A.N. Lyapin, R.H. Bazarov, D.P. Carlton) are not taken into account issues of soil subsidence and minimize the cut/fill volumes at various configurations of irrigated field. Therefore, the question prompt adjustment of water use plans, optimization of agricultural land, as well as modeling of moisture dynamics on the background of the SRS and implementing of different agronomic and reclamation activities, improvement of design and technology land leveling works, need to pay special attention. Such studies have not yet sufficiently made.

Connection of dissertational researches with the plans of scientific – research works is reflected in accordance with the research plan of Uzbekistan Ministry of Agriculture and Water Resources on "Development of guidelines for improving WCA activities and calculations water supply operation and maintenance costs to farmers and householders" in 2003, as well as R&D plan of Tashkent Institute of Irrigation and Melioration for 2006 – 2013 y.

Purpose of research is development science-based technological bases of operation of irrigation and drainage systems in a growing shortage of irrigation water applied to the WUA in Uzbekistan.

To achieve this goal the following **task of research** are formulated:

- develop a methodology for on-time adjustment of water use plans in water scarcity conditions;

- develop a methodology for on-time optimization of agricultural land with irrigation water deficit;

- develop a methodology for optimizing crop areas and water volumes to the extent of water scarcity;

- develop a model of the soil moisture dynamics at automorphic soils;

- determine moisture flow quantity on the earth surface;

define changes of groundwater table (GWT) in the presence of SHD;
estimating the dynamics SHD discharge and percolation resistance;
develop moisture distribution models depending to the applicable agro technical and reclamation activities in the irrigated fields;
improve the land leveling design methodology and technology based on soil subsidence.

Objects of research were irrigated lands of: WCA Sairam Suvi and Qorasuv at Kuyi-Chirchik District of Tashkent Region, WCA N.Mirzaev at Kumkurgan District of Surkhandarya Region, WCA Surhan at Jarkurgan District of Surkhandarya Region, WCA Golib Suvi at Zaamin district Jizzak Region, WCA Madat suv-JRK at Kattakurgan District of Samarkand Region and WCA Yangiabad at Mirzaabad District of Syrdarya Region.

Subject of research - economic and mathematical model of water allocation and optimization crop areas, soil moisture-storage technology and its models, as well as the technology of laser land leveling with soil subsidence.

Methods of research include: synthesis and analysis of the available scientific stock and published materials, laboratory and field research, monitoring and modeling of the dynamics and direction of hydrological, hydrogeological and land reclamation processes by using modern means of observation and mathematical methods in accordance techniques of Tashkent Institute of Irrigation and Melioration, Research Institute of Irrigation and Water Problems at Tashkent Institute of Irrigation and Melioration, the Scientific Research Institute of Cotton Breeding, Seed Production and Agricultural Technology and Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry.

Scientific novelty of dissertation research is as follows:

developed water distribution and crop areas optimization method for increasing the irrigation water and land resources productivity;

developed method of forecasting the GWT dynamics with background of SHD;

for the first time developed method for determining evapotranspiration with the development of the plant root system, depth of arable layer and the GWT;

for the first time developed technique for forecasting soil moisture dynamics with background of SHD and applied technologies: traditional technology (root - arable - subsurface layers), stage by stage layer loosening (root - subsurface layers), deep loosening of the field in the vegetation period for the accumulation of moisture in soils (arable - subsurface layers);

developed technology for designing and land leveling works on subsiding soils.

Practical results of the research consist in the following:

developed economic-mathematical software for improving irrigation water productivity and water and land resources efficient use depending on water scarcity degrees and availability for: water distribution between crops, determining optimal crop areas, optimization areas of agricultural crops and their water consumption;

provided an improved model of the soil moisture dynamics at automorphic grounds;

determined method for evapotranspiration with the development of the plant root system, depth arable layer and GWT;

proposed model to forecast changes in groundwater level with background of SHD;

determined dynamics of SHD filtration resistance and its discharge;

developed mathematical models and software for moisture management in the irrigated field with background of SHD at: traditional technology, stage by stage layers loosening, deep ripping for the moisture accumulation in soils;

developed improved design and technology of laser land leveling planning works on subsiding soils.

Reliability of obtained results is confirmed by the use well-known and generally accepted scientific methods, standard and field research techniques for study of land reclamation processes. Results and conclusions are justified on physical representations based on theoretical and experimental data. The reliability of the experimental data is provided by using modern tools, measuring and processing techniques.

Theoretical and practical value of results of research is scientific substantiation of effective ways to predict the direction of reclamation processes and its management, as well as technological methods of rational water and land resources use in Uzbekistan irrigated areas. Using the results of research will reduce damage from deficit irrigation water, optimize technology of agronomic and reclamation activities, conduct sustainable agricultural production in water scarcity conditions.

Realization of research results.

The developed method of on-time water use plans and crop area adjustment as design method of land laser leveling implemented in MAWR organizations and comparison with traditional method has increased farmers income to 283 480 UZS/ha (Implementation reference 04/29-103 from 06.12.2011 y. Ministry of Agriculture and Water Resources).

The research results have been introduced in the Sairam Suvi, Qorasuv, Golib Suvi and Madat suv-JRK WCAs, in the framework of the ADB "Grain productivity improvement project" economic effect amounted to 10-15 US \$/ha (Implementation reference 213905/01/012609 from 26.01.2009 y. Mott MacDonald Environmental Consultants Ltd).

Received theoretical solutions applied in frame of project "The Scheme of Complex Usage Water Resources of the Republic of Uzbekistan for 2013-2027 yy". (Implementation reference 04/29-254 from 20.02.2015 y. Ministry of Agriculture and Water Resources; Implementation reference 02-13ГCX from 03.12.2014 y. Joint Design Venture on Water Sector objects "Suvloiha").

Approbation of work. Main scientific principles and research results of dissertation were presented at the international and regional scientific conferences: International Scientific and Practical Conference "Water- and resources saving technologies in the agriculture of the Republic of Uzbekistan" (Tashkent, 2008), 7 - Young Scientists Practical Conference "Actual Problems of Land and Water Resources in Terms of Water Scarcity and Transition Period to Market Economy"

(Tashkent, 2008), an International Scientific-Practical Conference "Improving the Land Reclamation Efficiency and Agricultural Use of Reclaimed Lands" (Minsk, 2009), 8 - Young Scientists Practical Conference "Actual Problems of Land and Water Resources" (Tashkent, 2009), a Training Seminar of the Uzbekistan Senate of Oliy Madjlis and the UNESCO «Sustainable Using of Water Resources in Uzbekistan", on Scientific-Practical Conferences of TIIM staff (2008-2014 y.), in training under the ADB "Grain Productivity Improving Project", the UNDP Project "Capacity Building of the National Irrigated Land Reclamation Fund" and other scientific meetings, conferences and symposiums.

Main results of work as scientific reports and papers were reviewed at scientific meetings of the TIIM Academic Council (2005-2014 y.), Scientific Council of Institute of Water Problem of Uzbekistan Academy Science and many other scientific and water management related organizations (2005-2011 y).

Publication of the results. Obtained results are presented in 38 scientific works, including 2 articles in international and 12 in national journals.

Structure and volume of dissertation. The thesis contains 200 pages of computer's text, 46 figures, 20 tables, and consists of an introduction, 3 parts, conclusions and applications. The bibliography includes 277 references.

MAIN CONTENTS OF DISSERTATION

Introduction presents an urgency of the theme, the aims and problems and the object of studies are determined, correspondence of the studies to priority directions of science and technology development of the Republic of Uzbekistan, scientific novelty and practical importance of results are revealed, reliability of results is substantiated, a list of implementations into practice is given as well as an information on publications and the structure of the thesis.

In the first part were described analysis of the current situation of water and land resources and the prospect of increasing their efficiency in irrigated agriculture, in particular the issues of drainage systems technical condition, irrigation and drainage problems, the soil quality characteristics of the irrigated lands, as well as the history of the Uzbekistan WCA.

The second part deals with the question of preparation economical-mathematical models of water management in water scarcity conditions, the analysis of economical-mathematical models of on-time water management correction and existing approaches to develop and implement water use plans proposed on-time activities in water management.

Water distribution among WCA members (water users and water consumers) and on-farm level is based on the irrigation system and on-farm water use plans, the theoretical basis is first laid academician A.N. Kostyakov and prof. N.A Janiszewski. Then theoretical basis were developed by academician I.A. Sharov, prof. S.R. Ofengendeya, prof. V.A. Shaumyan, prof. M.F. Natalchuk, prof. H.A. Akhmedov, prof. B.S. Serikbaev, Ph.D. N.N. Mirzaev, prof. F.A. Barayev and foreign scientists.

The proposed economic-mathematical model allows the farmer or

householders take number of activities that will help prevent the profits losses in water scarcity period. The basin of developed economic-mathematical model is Mirzaev N.N. equation of crop yield and irrigation water availability:

$$Y_i = -A_0 Y_{iopt} \left(\frac{M_i}{M_{iopt}} - 1 \right)^2 + Y_{iopt}; \quad (1)$$

In the formula $A_0 = 1.23 K_1 K_2 K_3$, here K_1 - biological crop coefficient; K_2 - climatic factor; K_3 - coefficient taking into account soil-reclamation conditions; $Y_{i\text{opt}}$, Y_i - crop yields in normative and actual irrigation norm, tonn/ha; $M_{i\text{opt}}$, M_i - planned and actual irrigation norm, m³/ha; i - crop variety.

Economical-mathematical model for on-time adjustment of water use plans in water scarcity. The proposed system of equations has the form:

$$\left\{ \begin{array}{l} (P_1 - C_1)Y_1 \cdot F_1 + (P_2 - C_2)Y_2 \cdot F_2 + ... + (P_n - C_n)Y_n \cdot F_n = G_{\max} \\ Y_1 = -A_1 \cdot Y_{1opt} \left(\frac{M_1}{M_{1opt}} - 1 \right)^2 + Y_{1opt} \\ Y_2 = -A_2 \cdot Y_{2opt} \left(\frac{M_2}{M_{2opt}} - 1 \right)^2 + Y_{2opt} \\ \\ Y_n = -A_n \cdot Y_{nopt} \left(\frac{M_n}{M_{nopt}} - 1 \right)^2 + Y_{nopt} \\ M_1 \cdot F_1 + M_2 \cdot F_2 + ... + M_n \cdot F_n = K_{JIM} (M_{1opt} \cdot F_1 + M_{2opt} \cdot F_2 + ... + M_{nopt} \cdot F_n) \end{array} \right. \quad (2)$$

where $G_{\max}$ - profit from the sale of agricultural products, sum/ton; P_i - selling price of products, sum /ton; C_i - costs in the production of agricultural crops, sum/ton; Y_i , F_i – crop yield and area, ton/ha, ha.

Experiments were carried out with the participation of Hudaynazarov J.K. in 2008 – 2010. 11 farms were divided in two experiment categories: the first category for determining harvest depending on water availability, and the second for testing methods of on-time water distribution adjustment between five crops (Table 1).

Table 1.

Comparison of the results of irrigation five crops by traditional and proposed on-time adjustment methods of water use plans

Variant		Cotton	Corn	Potato	Mash	Tomato	Total
Irrigation rate, m³/ha							
Optimal biological	Fact	5000	3500	3000	2500	2000	16000
Traditional method	Calculation	3500	2450	2100	2000	1400	11200
Proposed method	Calculation	5000	1189	3000	370	1641	11200
Yield, center/ha							
Optimal biological	Fact	36	68	150	12	102	
Traditional method	Calculation	27	53	96	10	72	
	Control	28	52	91	9,0	74	
Proposed method	Calculation	36	35	150	5	84	
	Control	38	32	152	4	81	

Profit, 000 sum/ha							
Optimal biological	Fact	1343,6	1349	2350	908	1290	7240,6
Traditional method	Calculation	73,82	826,5	397,3	718	684	3363,9
	Control	822,8	789	226	563	730	3130,8
Proposed method	Calculation	1343,6	199	2350	98	928	4918,2
	Control	1473,8	89	2422	-12	870	4842,8

Analysis of the table shows that the maximum profit can be re-distribution of irrigation water by the method we propose.

Economical - mathematical model for rationalizing agricultural crops area under water scarcity. Field experiments were conducted in 2008-2010 with 3 farmers and householders. This problem is solved by the following equations system:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^N (P_i - C_i) Y_i F_{iopt} = G_{\max} \\ \sum_{i=1}^N M_{inor} F_{iopt} = K_{JHM} \sum_{i=1}^N M_{inor} F'_i \\ F_{iopt} = f_1 \cdot F \\ F_{2opt} = f_2 \cdot F \\ \dots\dots\dots \\ F_{Nopt} = f_N \cdot F \\ F = \sum_{n=1}^N F_i \end{array} \right. \quad (3)$$

Here f_i - ratio of crop area to the total area.

The following table (Table 2) allows to compare to traditional and the proposed methods in rationalizing area of five crops. Also this table shows calculated and actual yields and profit data that obtained in field experiments.

Table 2

Results of optimization crop areas in WCA "N.Mirzaev"

Variants		Alfalfa	Corn	Potato	Tomato	Mash	Total
Optimal biological	Planned area, ha	5	25	15	20	2	67
	Planned irrigation rate, m ³ /ha	2100	5000	4100	3450	2940	
Traditional method	Calculated irrigation rate, m ³ /ha	1470	3500	2870	2415	2058	
Proposed method	Calculated area, ha	44	10	7	3	3	67
	Calculated irrigation rate, m ³ /ha	2100	5000	4100	3450	2940	
Yield, center/ha							
Optimal biological	Fact	80	61	135	120	14	
Traditional method	Calculation	44	32	71	63	7	
	Control	46	30	68	57	9	

Proposed method	Calculation	80	61	135	120	14	
	Experiment	78	56	115	110	18	
Profit, 000 sum							
Optimal biological	Fact	2 400	6 863	23 085	17 520	7 000	56 868
Traditional method	Calculation	1 320	3 600	12 141	9 198	3 500	29 759
	Control	1 380	3 375	11 628	8 322	4 500	29 205
Proposed method	Calculation	21 120	2 745	10 773	2 628	10500	47 766
	Experiment	20 592	2 520	9 177	2 409	13 500	48 198

According to the data in the table, the maximum profit belongs on farms that followed the proposed optimization method of crop areas, and not by the traditional method (chaotic), used today by many farmers and householders.

Economical - mathematical model of optimization agricultural crops areas and volumes of water allocation under deficit irrigation water. For the maximum income in the arid zone and water resources variability necessary vary crops irrigation rates and areas. To address this issue, we have developed economical - mathematical model of optimization crop areas and irrigation rate, that depending on the degree of water shortage. Solution of which is the following system of equations:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^N (P_i - C_i) Y_i F_{i\text{opt}} = G_{\max}; \quad \sum_{i=1}^N M_{i\text{opt}} F_{i\text{opt}} = K_{\text{ЛНМ}} \sum_{i=1}^N M'_{i\text{nor}} F'_i = W; \quad F = \sum_{n=1}^N F_i; \\ F_{1\text{opt}} = f_1 F; \quad W_1 = w_1 W; \quad M_1 = \frac{W_1}{F_{1\text{opt}}}; \quad Y_1 = -A_1 \left(\frac{M_1}{M_{1\text{opt}}} - 1 \right)^2 + Y_{1\max}; \\ F_{2\text{opt}} = f_2 F; \quad W_2 = w_2 W; \quad M_2 = \frac{W_2}{F_{2\text{opt}}}; \quad Y_2 = -A_2 \left(\frac{M_2}{M_{2\text{opt}}} - 1 \right)^2 + Y_{2\max}; \\ \dots\dots\dots \\ F_{N\text{opt}} = f_N F; \quad W_N = w_N W; \quad M_N = \frac{W_N}{F_{N\text{opt}}}; \quad Y_N = -A_N \left(\frac{M_N}{M_{N\text{opt}}} - 1 \right)^2 + Y_{N\max} \end{array} \right. \quad (4)$$

Here f_i , w_i – respectively ratio of crop area to the total area and volume of water to the total limited volume.

Summary table (Table 3) allows to compare the optimized areas and irrigation rates of five crops. Estimate yield and income and actual data from field experiments are also shown in this table.

Table 3

Optimization of area and irrigation rates of five crops

Variant		Alfalfa	Corn	Potato	Tomato	Mash	Total
Optimal biological	Area, ha	1	2,5	0,5	1	2	7
	Irrigation rate, m ³ /ha	2100	5000	4100	3450	2940	
Traditional method	Irrigation rate, m ³ /ha	1785	4250	3485	2932,5	2499	
Proposed method	Area, ha	2	1,5	1	0,5	2	7
	Irrigation rate, m ³ /ha	2000	4300	4050	3400	2940	

Yield, center/ha							
Optimal biological	Fact	80	61	135	120	14	
Traditional method	Calculation	73,8	56,2	119,4	111,4	12,8	
	Control	74,1	55,4	121,3	110,2	13,4	
Proposed method	Calculation	77,6	59,4	129,4	117,3	13,7	
	Experiment	78	56	125	115	14	
Profit, 000 sum							
Optimal Biological		480,0	686,3	769,5	876,0	7 000,0	9 811,8
Traditional method	Calculation	442,8	632,3	680,6	813,2	6 400,0	8 968,9
	Control	444,6	623,3	691,4	804,5	6 700,0	9 263,7
Proposed method	Calculation	931,2	401,0	1 475,2	428,1	6 850,0	10 085,5
	Experiment	936,0	378,0	1 425,0	419,8	7 000,0	10 158,8

According to the data of table shows that profit in households that followed the proposed optimization crop area and irrigation rate method increased compared to chaotic - intuitive method used on today by many farmers and householders.

The **third part** deals with the study of soil moisture and laser land leveling technology on subsiding soils. Limited water resources in the region requires the development of more accurate and mathematically estimated moisture management methods in the irrigated fields. These works were carried out in the schools greatest scientists as: S.F. Averyanov, F.B. Abutaliev, F.A. Baraev, P.Y. Polubarinova - Cochina, R.K. Ikramov, S.V. Nerpin, B.S. Serikbaev, V.M. Shestakov, A.F. Chudnovsky, Gardner, Klute, Richards, Childs, J. Philip, etc. It is important to note that these solutions were obtained without the influence of the SHD, as well as values of the moisture transfer and diffusion coefficients assumed constant over time.

Moisture transfer dynamics in automorphic soils in the plants initial development period. Studies to date have proved insolvency simplistic interpretations of productivity agro-ecosystems management, when taken into consideration, or change only a few isolated indicators or informativeness integral indicators typically judged by the data of the correlation and regression analyzes that do not always reflect the real processes occurring in the system “soil - water-plant”.

In the plant initial development period in automorphic soils when transpiration E_t can be neglected, for a two-layer soil condition that consisting of arable and subsoil layers, will be used the following mathematical model:

$$\begin{cases} \frac{d}{dz} \left[D_1(w_1) \frac{dw_1}{dz} \right] - \frac{dK_1(w_1)}{dz} = 0, (0 \leq z \leq z_1) \\ \frac{d}{dz} \left[D_2(w_2) \frac{dw_2}{dz} \right] - \frac{dK_2(w_2)}{dz} = 0, (z_1 \leq z \leq L) \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} W(0) &= W_{IIP} = \text{const}, & W_1(z_1) &= W_2(z_1) \\ \left[K_1(w_1) - D_1(w_1) \frac{dW_1}{dz} \right]_{z=z_1} &= \left[K_2(w_2) - D_2(w_2) \frac{dW_2}{dz} \right]_{z=z_1} \\ W_2(L) &= W_{IIB} \end{aligned}$$

Where respectively, for arable and subsoil layers: W_1, W_2 - soil volumetric humidity; moisture transfer coefficients adopted in the form $K_1(w_1) = A_1 e^{A_2 z}, K_2(w_2) = B_1 e^{B_2 z}$. As we are considering stationary regime, diffusivity coefficients equal to their average

values $D_1(W_1) = D_1 = \text{const}$, $D_2(W_2) = D_2 = \text{const}$; L - groundwater depth, m; Z_1 - boundary between arable and subsoil layers, m; W_{PR} - certain intermediate moisture content between permanent wilting point W_3 and the field capacity $W_{\text{ппб}}$, i.e., $W_{\text{пб}}$ - full saturation capacity; Z - The vertical coordinate downward from the earth surface. Solving the problem, we obtain the humidity distribution as a function of z .

$$W_1(z) = \frac{A_1}{A_2 D_1} (e^{A_2 z} - 1) + \frac{z}{G} \left[W_{\text{пб}} - W_{\text{пп}} + \frac{A_1}{A_2 D_1} - \frac{B_1}{B_2 D_2} (e^{B_2 L} - e^{B_2 Z_1}) - \frac{A_1}{A_2 D_1} e^{A_2 Z_1} \right] + W_{\text{пп}} \quad (6)$$

$$0 \leq z \leq z_1$$

$$W_2(z) = W_{\text{пб}} - \frac{B_1}{B_2 D_2} (e^{B_2 L} - e^{B_2 z}) - \frac{D_1(L-z)}{D_2 G} \left[W_{\text{пб}} - W_{\text{пп}} + \frac{A_1}{A_2 D_1} - \frac{B_1}{B_2 D_2} (e^{B_2 L} - e^{B_2 Z_1}) - \frac{A_1}{A_2 D_1} e^{A_2 Z_1} \right], \quad (7)$$

$$z_1 \leq z \leq L$$

The moisture transfer relationship in automorphic soils with the root system development stage. Since the period of time when the root system will be situated in the arable soil and transpiration ET cannot be neglected, instead of problem (equation 5), it needs to consider the following equations:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{dz} \left[D_1(W_1) \frac{dW_1}{dz} \right] - \frac{dK_1}{dz} - \frac{12E_T}{7(\delta + u_*)} \left[1 - \frac{z}{2(\delta + u_*)} - \frac{z^2}{2(\delta + u_*)^2} \right] = 0, \quad (0 \leq z \leq \delta + u_*) \\ \frac{d}{dz} \left[D_1^*(W_1^*) \frac{dW_1^*}{dz} \right] - \frac{dK_1^*}{dz} = 0, \quad (\delta + u_* \leq z \leq z_1) \\ \frac{d}{dz} \left[D_2(W_2) \frac{dW_2}{dz} \right] - \frac{dK_2}{dz} = 0, \quad (z_1 \leq z \leq L) \end{array} \right. \quad (8)$$

$$W_1(z)|_{z=0} = W_{\text{пп}} = \text{const}$$

$$W_1(\delta + u_*) = W_1^*(\delta + u_*)$$

$$\left[K_1(W_1) - D_1(W_1) \frac{dW_1}{dz} \right]_{z=\delta+u_*} = \left[K_1^*(W_1^*) - D_1^*(W_1^*) \frac{dW_1^*}{dz} \right]_{z=\delta+u_*} \quad W_1^*(z_1) = W_2(z_1)$$

$$\left[K_1^*(W_1^*) - D_1^*(W_1^*) \frac{dW_1^*}{dz} \right]_{z=z_1} = \left[K_2(W_2) - D_2(W_2) \frac{dW_2}{dz} \right]_{z=z_1} \quad W_2(L) = W_{\text{пб}} = \text{const}$$

In addition to the previous notation we introduce the following:

$$K_1^*(W_1^*) = A_1^* e^{A_2^* z}, \quad D_1^*(W_1^*) = D_1^* = \text{const}$$

δ - root systems depth; $U = \delta + u_*$ - depth with which the possible rising moisture by plant roots. Here:

$$\frac{12E_T}{7(\delta + u_*)} \int_0^{\delta+u_*} \left[1 - \frac{z}{2(\delta + u_*)} - \frac{z^2}{2(\delta + u_*)^2} \right] dz = E_T \quad (9)$$

Here are the following notation

$$P = D_1 D_2 (z_1 - U) + D_1^* D_2 U + D_1^* D_1 (L - z_1)$$

$$\Phi_1 = W_{\text{пб}} - W_{\text{пп}} - \frac{B_1}{B_2 D_2} [e^{B_2 L} - e^{B_2 Z_1}] - \frac{A_1^*}{A_2^* D_1^*} [e^{A_2^* Z_1} - e^{A_2^* U}] - \frac{A_1}{A_2 D_1} [e^{A_2 U} - 1] +$$

$$+ \frac{3A_3 U^2}{8D_1} - \frac{7A_3 U}{12D_1} \left[\frac{z_1 - U}{D_1^*} - \frac{L - z_1}{D_2} \right]$$

Distribution volumetric humidity as a function of depth will be:

$$\begin{aligned}
 W_1(z) &= W_{\text{IIP}} + \frac{A_1}{A_2 D_1} [e^{A_2 z} - 1] + \frac{12 E_T z^2}{7 D_1^2 (\delta + u_*)} \left[\frac{1}{2} - \frac{z}{12 U} - \frac{z^2}{24 U^2} \right] + D_1^* D_2 \frac{\Phi_1}{P} z \quad 0 \leq z \leq \delta + u_* \\
 W_1^*(z) &= \frac{A_1^*}{A_2^* D_1^*} [e^{A_2^* z} - e^{A_2^* (\delta + u_*)}] + z \left[D_1 D_2 \frac{\Phi_1}{P} + \frac{7 A_5 (\delta + u_*)}{12 D_1^*} \right] + \frac{A_1}{A_2 D_1} (e^{A_2 (\delta + u_*)} - 1) + \\
 &+ W_{\text{IIP}} - \frac{3 A_5 (\delta + u_*)^2}{8 D_1} + \left[(D_1^* - D_1) D_2 \frac{\Phi_1}{P} - \frac{7 A_5 (\delta + u_*)}{12 D_1^*} \right] (\delta + u_*) \\
 &\quad \delta + u_* \leq z \leq z_1 \\
 W_2(z) &= W_{\text{IIB}} - \frac{B_1}{B_2 D_2} (e^{B_2 L} - e^{B_2 z}) + (L - z) \left[D_1 D_1^* \frac{\Phi_1}{P} + \frac{7 A_5 (\delta + u_*)}{12 D_2} \right] \\
 &\quad z_1 \leq z \leq L
 \end{aligned} \tag{10}$$

Method for determining the moisture flow at the earth surface. In this work we take into account the change of volumetric humidity ranging from wilting point to its field capacity. At the same time, in determining patterns of moisture and nutrients movement, and the reflection of the actual processes in the system "soil – water – plant", it is necessary to consider not only the layered structure of soil, but also the degree of plant root system development during the vegetation period.

When the root system is in the arable layer and transpiration E_T neglect the humidity cannot be determined by the relation (equation 10). If the solution of the equation (equation 6) applies formula $W_1(z)|_{z=0} = W_{\text{IIP}} = \text{const}$, the first equation in the system (equation 10) takes the next form ($0 \leq z \leq \delta + u_*$):

$$\begin{aligned}
 W_1(z) &= \frac{1}{D_1} \left\{ \frac{6 z^2 E_T}{7 (\delta + u_*)} \left[1 - \frac{z}{6 (\delta + u_*)} - \frac{z^2}{12 (\delta + u_*)^2} \right] - \frac{A_1}{A_2} (e^{A_2 (\delta + u_*)} - e^{A_2 z}) - E_\Phi [z - (\delta + u_*)] \right\} - \\
 &- \left[A_1 e^{A_2 (\delta + u_*)} + E_T - E_\Phi \left(\frac{L - z_1}{D_2} + \frac{z_1 - (\delta + u_*)}{D_1^*} \right) - \frac{B_1}{B_2 D_2} (e^{B_2 L} - e^{B_2 z_1}) - \right. \\
 &\quad \left. - \frac{A_1^*}{A_2^* D_1^*} (e^{A_2^* z_1} - e^{A_2^* (\delta + u_*)}) - \frac{9 E_T}{14 D_1} (\delta + u_*) + W_{\text{IIB}} \right];
 \end{aligned} \tag{11}$$

Equating (equation 7) and (equation 10) at $z = 0$, we define E_Φ :

$$E_\Phi = \frac{W_{\text{IIP}} - W_{\text{IIB}} - \frac{B_1}{B_2 D_2} (e^{B_2 L} - e^{B_2 z_1}) + \frac{A_1^*}{A_2^* D_1^*} (e^{A_2^* z_1} - e^{A_2^* u}) + \frac{9 E_T}{14 D_1} u + \frac{A_1}{A_2 D_1} (e^{A_2 u} - 1) + (A_1 e^{A_2 u} + E_T) \left[\frac{L - z_1}{D_2} + \frac{z_1 - u}{D_1^*} \right]}{\frac{u}{D_1} + \left[\frac{L - z_1}{D_2} + \frac{z_1 - u}{D_1^*} \right]} \tag{12}$$

Dependence (equation 12) supports the hypothesis of J. Philip about liner proportional dependence between the moisture flow on the earth surface E_Φ and soil moisture.

Determining the position of the groundwater table under background of SHD. The original differential equation to determine the groundwater table is the partial parabolic equation, i.e. linearized formulation of A.Y. Oleynik:

$$m_0 \frac{\partial h}{\partial t} = K_1 h_{\text{CP}} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + a_1 - b_1 h + \varepsilon(t) \tag{13}$$

where m_0 - soil porosity; h - groundwater level, as a function of the spatial coordinates x and time t , measured from the lower penetration of SHD and h_{CP} - average groundwater level in the revising time interval; K_1 - percolation coefficient of soil in which is located the SHD; $\varepsilon(t)$ - intensity of infiltration.

$$a_1 = \frac{W_0 h_{KP}}{m_B - h_{KP}}; \quad b_1 = \frac{W_0}{m_B - h_{KP}}$$

here W_0 - evaporation at the soil surface at $h = m_B$; h_{KP} - critical depth at which evaporation can be neglected.

Particular solution of (equation 13) is found in the form:

$$h(x, t) = \alpha(t)R(x) + \beta(t) \quad (14)$$

where

$$R(x) = C_1 sh\sqrt{\nu}x + C_2 ch\sqrt{\nu}x$$

After using (equation 14) and solving (equation 13) next relationship was obtained:

$$h(x, t) = -\frac{ch\sqrt{\nu}(L-x)[h(L,0)-h(0,0)]}{ch\sqrt{\nu}L-1} e^{\frac{b_1-k_1h_{CP}\nu}{m_0}t} + \left[h(L,0) + \frac{h(L,0)-h(0,0)}{ch\sqrt{\nu}L-1} - \frac{a_1}{b_1} \right] e^{\frac{b_1t}{m_0}} + \frac{a_1}{b_1} + \frac{\varepsilon}{b_1} \quad (15)$$

It should be noted that during the growing period $\varepsilon = 0$, $W_{IP} \neq 0$. And non-vegetation period (during the soils leaching) due to lack of evaporation $a_1/b_1 = 0$, and infiltration $\varepsilon \neq 0$.

P.Y. Polubarinova - Kochina proposed to determine the amount h_{CP} by using V.M. Shestakov recommendation, ie h_{CP} - is the average of the maximum and minimum groundwater level. Of course, this approach is not always suitable for irrigated agriculture, where the groundwater tables fluctuation depends on the irrigation. Therefore, using (equation 15) we defined the average value of the groundwater level for fixed period of time:

$$h_{CP}|_{t=t_0} = \frac{1}{L} \int_0^L h(x, t_0) dx = \left[h(L,0) + \frac{h(L,0)-h(0,0)}{ch\sqrt{\nu}L-1} - \frac{a_1}{b_1} \right] e^{\frac{b_1-k_1h_{CP}\nu}{m_0}t_{ID}} + \frac{a_1}{b_1} + \frac{\varepsilon}{b_1} - \frac{sh\sqrt{\nu}L[h(L,0)-h(0,0)]}{\sqrt{\nu}L(ch\sqrt{\nu}L-1)} e^{\frac{b_1-k_1h_{CP}\nu}{m_0}t_{ID}} \quad (16)$$

Expression (equation 15) is transcendental, so its solution is determined by plotting.

Determination of SHD persolation resistance and discharge. For finding drainage persolation resistance, let to use the A.Y.Oleynik's equation.

$$t > 0, \quad x = 0, \quad \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{h}{2\Phi} = 0$$

$$\Phi = \frac{1}{2} \left[\frac{C}{C_*} e^{\frac{k_1 h_{CP} \nu}{m_0} t} + \frac{a_1 + \varepsilon}{C_* b_1} e^{\frac{b_1 - k_1 h_{CP} \nu}{m_0} t} - cth\sqrt{\nu}L \right] \quad (17)$$

The water volume in the drain spacing 1 m at SHD will be calculated by the following relationship:

$$\bar{W}_{\bar{a}\bar{\delta}}^{(t)} = 2m_0 \left[\frac{\bar{\Phi}_1}{\sqrt{\nu}} sh\sqrt{\nu}Le^{\frac{b_1-k_1h_{CP}\nu}{m_0}t} + \bar{\Phi}_2 Le^{\frac{b_1t}{m_0}} + \bar{\Phi}_3 L \right] \quad (18)$$

$$\text{Here } \varnothing_1 = -\frac{[h(L,0) - h(0,0)]}{ch\sqrt{\nu}L - 1}, \quad \varnothing_2 = h(L,0) + \frac{h(L,0) - h(0,0)}{ch\sqrt{\nu}L - 1} - \frac{a_1}{b_1}, \quad \varnothing_3 = \frac{a_1}{b_1} + \frac{\varepsilon}{b_1} \quad (19)$$

Ie water SHD discharge will be determined by the following formula:

$$Q_{dp}^{(t)} = \frac{\overline{W}_{dp}^{(t_1)} - \overline{W}_{dp}^{(t_2)}}{86,4(t_1 - t_2)} l_{dp} \quad (20)$$

Where l_d - the length of drainage, m.

Distribution volumetric humidity in a homogeneous soil. The equation is considered moisture transient transfer process will be as follows:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D(W) \frac{\partial W}{\partial z} \right] - \frac{\partial K}{\partial z}, \quad (0 \leq z \leq z_{\text{óÁÁ}}) \quad (21)$$

$$W_2(z_{\text{yTB}}(x, t)) = W_{\text{IB}} = \text{const}; \quad K(W) = K_\phi + \phi(t)(z_{\text{yTB}} - z)$$

$Z_{\text{yTB}}(x, t)$ in equation (equation 19) is the value of the groundwater table is determined from the following equation mine at a fixed time t_i .

$$z_{\text{yTB}}(x, t_i) = m_g + d + \frac{ch\sqrt{\nu}(L - x)[h(L,0) - h(0,0)]}{ch\sqrt{\nu}L - 1} e^{-\frac{b_1 - k_1 h_{\text{CP}} \nu}{m_0} t_i} - \left[h(L,0) + \frac{[h(L,0) - h(0,0)]}{ch\sqrt{\nu}L - 1} - \frac{a_1}{b_1} \right] e^{-\frac{b_1}{m_0} t_i} - \frac{a_1}{b_1} - \frac{\varepsilon}{b_1} \quad (22)$$

$D_2(W)$ - the diffusivity coefficient of soil moisture. R_2 - which is constant determined by comparing the theoretical and experimental data. $K(x, z, t)$ - moisture transfer coefficient.

Solution of (equation 21) is sought in the next equation form:

$$W(x, z, t) = \gamma_1(t)(Z_{\text{yTB}} - Z)^3 + \gamma_2(t)(Z_{\text{yTB}} - z)^2 + \gamma_3(t)(Z_{\text{yTB}} - z) + \gamma_4$$

Where x - distance from the considered point to SHD. According previous records at $z = Z_{\text{yTB}}$ could be found following formula: $W_{\text{IB}} = \gamma_4$; $K = K_\phi$:

Distribution volumetric humidity in a homogeneous soil under SHD background:

$$W(x, z, t) = \gamma_1(Z_{\text{yTB}} - Z)^3 - [3\gamma_1 Z_{\text{yTB}} - \gamma_2^*](Z_{\text{yTB}} - z)^2 + [3\gamma_1 Z_{\text{yTB}}^2 - 2\gamma_2^* Z_{\text{yTB}} + 6\gamma_1 D + \gamma_3^*](Z_{\text{yTB}} - z) + W_{\text{IB}} \quad (23)$$

Change of volumetric humidity in non-vegetation period with SHD influences. In the non-vegetation period under SHD background, it is usually necessary to be considered in the distribution of volumetric moisture levels: arable and subsoil layer extending to mobile GWT, causes drainage work.

For describing volumetric moisture distribution were developed following equations:

$$\begin{cases} \frac{\partial W_1^*}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_1^*(W_1^*) \frac{\partial W_1^*}{\partial z} \right] - \frac{\partial K_1^*}{\partial z}, & (0 \leq z \leq z_1) \\ \frac{\partial W_2}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_2(W_2) \frac{\partial W_2}{\partial z} \right] - \frac{\partial K_2}{\partial z}, & (z_1 \leq z \leq z_{\text{yTB}}) \end{cases} \quad (24)$$

$$W_{\text{IOB}} = W_1^*(x, 0, t) = \begin{cases} W_{\text{IH}} + (W_{\text{IOB}} - W_{\text{IH}}) \cdot th(\omega^* t) \\ W_{\text{IH}} - (W_{\text{IH}} - W_3) \cdot th(\omega t) \end{cases}$$

$$W_1^*(x, z, t) = W_{\text{IOB}} + \beta_1(t)z^3 + \beta_2(t)z^2 + \beta_3(t)z$$

$$W_2(x, z, t) = \gamma_1 [Z_{yTB}(x, 0) - Z]^3 + \gamma_2 [Z_{yTB}(x, 0) - Z]^2 + \gamma_3 [Z_{yTB}(x, 0) - Z] + W_{IIB}$$

$$\left[K_1^*(W_1^*) - D_1^*(W_1^*) \frac{\partial W_1^*}{\partial z} \right]_{z=z_1} = \left[K_2(W_2) - D_2(W_2) \frac{\partial W_2}{\partial z} \right]_{z=z_1}$$

$$W_2(z_{yTB}(x, t)) = W_{IIB} = const$$

here t - time; W_1^* - distribution volumetric humidity within the arable layer (z_1). The following subsurface soils volumetric moisture described by the value $W_2(x, z, t)$; $D_1^*(W_1^*)$, $D_2(W_2)$ - diffusivity coefficients of soil moisture in the respective layers:

$D_1^*(x, t) = R_1^* e^{-\frac{D_1^* t}{\beta_2}}$, $D_2(x, t) = R_2 e^{-\frac{D_2 t}{\gamma_2}}$. R_1^* , R_2 - coefficients determined by comparing the theoretical and experimental data; $K_1^*(x, z, t)$, $K_2(x, z, t)$ - moisture transfer coefficients in the respective layers.

The initial condition of the second equation is selected from those considerations that in any distribution volumetric humidity on the ground ($W_{IIB} = W_{IIB}$) and for any time (t), it belonged to the interval $W \in [W_3, W_{IIB}]$. Functions $th\omega^*t$, $th\omega t$ - take into account the rate of moisture change on the earth's surface ($z = 0$), ω^* , ω coefficients determined by comparing the theoretical and experimental data.

Moisture transfer coefficients for subsurface layer is defined as:

$$K_2(W_2) = K_{\phi_2} + \phi_2(x, t)(Z_{yTB} - z)$$

Solution of the second equation of (equation 21) was found in the form:

$$W_2(x, z, t) = \gamma_1(t)(Z_{yTB} - Z)^3 + \gamma_2(t)(Z_{yTB} - z)^2 + \gamma_3(t)(Z_{yTB} - z) + \gamma_4$$

At $z = Z_{yTB}$, according to previous records, there are following equations:

$$W_{IIB} = \gamma_4; \quad K_2 = K_{\phi_2}$$

Moisture transfer coefficients for arable layer gets next formula:

$$K_2(W) = K_{\phi_2} + \left\{ \left(3\gamma_1 Z_{yTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{yTB} + \frac{6\gamma_1 R_2}{D_2} (3\gamma_1 Z_{yTB} + \gamma_2^*) e^{-\frac{D_2 t}{\gamma_2}} + \gamma_3^* \right) \dot{Z}_{yTB} + \right. \\ \left. + 2R_2 e^{-\frac{D_2 t}{\gamma_2}} [3\gamma_1 Z_{yTB} + \gamma_2^*] \right\} (Z_{yTB} - z) \quad (25)$$

So, formula of distribution of the volumetric moisture in the subsurface layer:

$$W_2(x, z, t) = \gamma_1 (Z_{yTB} - z)^3 - [3\gamma_1 Z_{yTB} + \gamma_2^*] (Z_{yTB} - z)^2 + \\ + \left(3\gamma_1 Z_{yTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{yTB} + \frac{6\gamma_1 R_2}{D_2} (3\gamma_1 Z_{yTB} + \gamma_2^*) e^{-\frac{D_2 t}{\gamma_2}} + \gamma_3^* \right) (Z_{yTB} - z) + W_{IIB} \quad (26)$$

The moisture distribution in the arable soil will be:

$$W_1^*(x, z, t) = \left\{ \begin{aligned} &W_{IIB} + (W_{IIB} - W_{IIB}) \cdot th(\omega^* t) \\ &W_{IIB} - (W_{IIB} - W_3) \cdot th(\omega t) \end{aligned} \right\} + \beta_1 z^3 + \beta_2 z^2 - \frac{6\beta_1 \beta_2 R_1^*}{D_1^*} e^{-\frac{D_1^* t}{\beta_2}} z \quad (27)$$

This formula could be used to determine the optimum depth of deep ripping for moisture accumulation in the non-vegetation period and systematization of agronomical, technical and reclamation measures.

Dynamics of soil humidity in stage by stage layers loosening on the background of the SHD. For defining of volumetric moisture distribution in the studied soil were viewed the following equations.

$$\begin{cases} \frac{\partial W_1}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_1(W_1) \frac{\partial W_1}{\partial z} \right] - \frac{\partial K_1}{\partial z} - \frac{12E_t}{7(\delta + u_*)} \left[1 - \frac{z}{2(\delta + u_*)} - \frac{z^2}{2(\delta + u_*)^2} \right], & (0 \leq z \leq \delta + u_*) \\ \frac{\partial W_2}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_2(W_2) \frac{\partial W_2}{\partial z} \right] - \frac{\partial K_2}{\partial z}, & (\delta + u_* \leq z \leq z_{VTB}) \end{cases} \quad (28)$$

$$\begin{aligned} W_{IOB} = W_1(x, 0, t) &= \begin{cases} W_{IHH} + (W_{IHH} - W_{IHB}) \cdot th(\mu^* t) \\ W_{IHH} - (W_{IHH} - W_3) \cdot th(\mu t) \end{cases} \\ W_1(x, z, t) &= W_{IOB} + \alpha_1(t)z^3 + \alpha_2(t)z^2 + \alpha_3(t)z \\ W_2(x, z, t) &= \gamma_1[Z_{VTB}(x, 0) - Z]^3 + \gamma_2[Z_{VTB}(x, 0) - Z]^2 + \gamma_3[Z_{VTB}(x, 0) - Z] + W_{IHB} \\ \left[K_1(W_1) - D_1(W_1) \frac{\partial W_1}{\partial z} \right]_{z=\delta+u_*} &= \left[K_2(W_2) - D_2(W_2) \frac{\partial W_2}{\partial z} \right]_{z=\delta+u_*} \\ W_2(z_{VTB}(x, t)) &= W_{IHB} = const \end{aligned}$$

$D_1(W_1)$ -diffusivity coefficient of soil moisture in the root zone: $D_1(x, t) = R_1 e^{-\frac{D_1 t}{\alpha_2}}$. R_1 – coefficient, determined by comparing the theoretical and experimental data.

Moisture transfer coefficients of subsurface layer is defined as:

$$\begin{aligned} K_2(W) = K_{\phi 2} + & \left\{ \left(3\gamma_1 Z_{VTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{VTB} + \frac{6\gamma_1 R_2}{D_2} (3\gamma_1 Z_{VTB} + \gamma_2^*) e^{-\frac{D_2 t}{\gamma_2}} + \gamma_3^* \right) \dot{Z}_{VTB} + \right. \\ & \left. + 2R_2 e^{-\frac{D_2 t}{\gamma_2}} [3\gamma_1 Z_{VTB} + \gamma_2^*] \right\} (Z_{VTB} - z) \end{aligned}$$

Distribution of the volumetric moisture in the subsurface layer is defined as:

$$\begin{aligned} W_2(x, z, t) &= \gamma_1(Z_{VTB} - z)^3 - [3\gamma_1 Z_{VTB} + \gamma_2^*] (Z_{VTB} - z)^2 + \\ &+ \left(3\gamma_1 Z_{VTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{VTB} + \frac{6\gamma_1 R_2}{D_2} (3\gamma_1 Z_{VTB} + \gamma_2^*) e^{-\frac{D_2 t}{\gamma_2}} + \gamma_3^* \right) (Z_{VTB} - z) + W_{IHB} \end{aligned} \quad (29)$$

Changing the volumetric moisture in the root zone layer takes the form:

$$\begin{aligned} W_1(x, z, t) &= \begin{cases} W_{IHH} + (W_{IHH} - W_{IHB}) \cdot th(\mu^* t) \\ W_{IHH} - (W_{IHH} - W_3) \cdot th(\mu t) \end{cases} + \alpha_1 z^3 + \alpha_2 z^2 - z \frac{6\alpha_1 \alpha_2 R_1}{D_1} e^{-\frac{D_1 t}{\alpha_2}} + \\ &+ \frac{6E_t z^2}{7D_1(\delta + u_*)} \left[1 - \frac{z}{6(\delta + u_*)} - \frac{z^2}{12(\delta + u_*)^2} \right] \end{aligned} \quad (30)$$

Applying this calculation and data analysis can predict the dynamics of humidity reduction on the background of SHD that contributes to optimizing the timing and depth of stage by stage layers loosening.

Determination of volumetric moisture in layered porous soil containing arable, subsurface and groundwater table. Description of the distribution of volumetric moisture in the studied environment were shown in the following

equations.

$$\begin{cases} \frac{\partial W_1}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_1(W_1) \frac{\partial W_1}{\partial z} \right] - \frac{\partial K_1}{\partial z} - \frac{12E_t}{7(\delta + u_*)} \left[1 - \frac{z}{2(\delta + u_*)} - \frac{z^2}{2(\delta + u_*)^2} \right], & (0 \leq z \leq \delta + u_*) \\ \frac{\partial W_1^*}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_1^*(W_1^*) \frac{\partial W_1^*}{\partial z} \right] - \frac{\partial K_1^*}{\partial z}, & (\delta + u_* \leq z \leq z_1) \\ \frac{\partial W_2}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_2(W_2) \frac{\partial W_2}{\partial z} \right] - \frac{\partial K_2}{\partial z}, & (z_1 \leq z \leq z_{VTB}) \end{cases} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} W_{IOB} = W_1(x, 0, t) &= \begin{cases} W_{IHH} + (W_{IHH} - W_{IHH}) \cdot th(\mu^* t) \\ W_{IHH} - (W_{IHH} - W_3) \cdot th(\mu t) \end{cases} & W_1(x, \delta + u_*; t) = W_1^*(x, \delta + u_*; t) \\ \left[K_1(W_1) - D_1(W_1) \frac{\partial W_1}{\partial z} \right]_{z=\delta+u_*} &= \left[K_1^*(W_1^*) - D_1^*(W_1^*) \frac{\partial W_1^*}{\partial z} \right]_{z=\delta+u_*} & W_1^*(x, z_1, t) = W_2(x, z_1, t) \\ \left[K_1^*(W_1^*) - D_1^*(W_1^*) \frac{\partial W_1^*}{\partial z} \right]_{z=z_1} &= \left[K_2(W_2) - D_2(W_2) \frac{\partial W_2}{\partial z} \right]_{z=z_1} & W_2(z_{VTB}(x, t)) = W_{IHB} = const \end{aligned}$$

Moisture transfer coefficient of the root zone layer is determined by the formula:

$$\begin{aligned} K_1 = [(\delta + u_*) - z] & \left\{ \frac{W_{IHH} - W_{IHH}}{ch^2(\omega^* t)} \right\} + D_1(t) z \left(2\alpha_2 + \frac{12E_T}{7(\delta + u_*)^3} \right) - \frac{12E_T z}{7(\delta + u_*)} \left[1 - \frac{z}{4(\delta + u_*)} - \frac{z^2}{6(\delta + u_*)^2} \right] + \\ & + E_t + D_1(t) \left[3\alpha_1(\delta + u_*)^2 + \frac{6E_T}{7(\delta + u_*)^2} - 6D_1(t) \frac{\alpha_1 \alpha_2^*}{\tilde{D}_1} + \alpha_3^* \right] + 2\beta_2 D_1^*(t)(\delta + u_*) \\ & + D_1^*(t) \left[3\beta_1 z_1^2 - 6D_1^*(t) \frac{\beta_1 \beta_2}{\tilde{D}_1} + \beta_3^* \right] + K_{\phi 2} + \dot{Z}_{VTB} \left(3\gamma_1 Z_{VTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{VTB} - 6D_2(t) \frac{\gamma_1 \gamma_2^*}{\tilde{D}_2} + \gamma_3^* \right) (Z_{VTB} - z_1) + \\ & + D_2(t) \left\{ 3\gamma_1 (Z_{VTB} - z_1)^2 + 3\gamma_1 Z_{VTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{VTB} - 6D_2(t) \frac{\gamma_1 \gamma_2^*}{\tilde{D}_2} + \gamma_3^* \right\} - \\ & - D_1^*(t) \left[3\beta_1(\delta + u_*)^2 + 2\beta_2(\delta + u_*) - \frac{6\beta_1 \beta_2 R_1^*}{D_1^*} e^{-\frac{D_1^* t}{\beta_2}} + \beta_3^* \right] \end{aligned}$$

Volumetric moisture in root zone layer is determined by the formula:

$$W_1(x, z, t) = \begin{cases} W_{IHH} + (W_{IHH} - W_{IHH}) \cdot th(\mu^* t) \\ W_{IHH} - (W_{IHH} - W_3) \cdot th(\mu t) \end{cases} + \alpha_1 z^3 + \alpha_2 z^2 - \left(6D_1(t) \frac{\alpha_1 \alpha_2}{\tilde{D}_1} + \alpha_3^* \right) z + \frac{6E_T z}{7(\delta + u_*)^2} + \frac{6E_T z^2}{7(\delta + u_*)^3} \quad (32)$$

Moisture transfer coefficient for subsurface layer is defined as:

$$K_2(x, z, t) = K_{\phi 2} + \left\{ \left(3\gamma_1 Z_{VTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{VTB} - 6D_2(t) \frac{\gamma_1 \gamma_2^*}{\tilde{D}_2} + \gamma_3^* \right) \dot{Z}_{VTB} + 2D_2(t) [3\gamma_1 Z_{VTB} + \gamma_2^*] \right\} (Z_{VTB} - z)$$

Thus, the distribution volumetric moisture in the subsurface layer in presence of SHD will be determined by the formula:

$$W_2(x, z, t) = \gamma_1 (Z_{VTB} - z)^3 - [3\gamma_1 Z_{VTB} + \gamma_2^*] (Z_{VTB} - z)^2 + \left(3\gamma_1 Z_{VTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{VTB} - 6D_2(t) \frac{\gamma_1 \gamma_2^*}{\tilde{D}_2} + \gamma_3^* \right) (Z_{VTB} - z) + W_{IHB} \quad (33)$$

Moisture transfer coefficient for arable layer will look like:

$$K_1^* = D_1^*(t) \left[3\beta_1 z_1^2 - 6D_1^*(t) \frac{\beta_1 \beta_2}{\tilde{D}_1^*} + \beta_3^* \right] + \dot{Z}_{VTB} \left(3\gamma_1 Z_{VTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{VTB} - 6D_2(t) \frac{\gamma_1 \gamma_2^*}{\tilde{D}_2} + \gamma_3^* \right) (Z_{VTB} - z_1) +$$

$$+ 2\beta_2 D_1^*(t) z + K_{\phi 2} + D_2(t) \left\{ 3\gamma_1 (Z_{VTB} - z_1)^2 + 3\gamma_1 Z_{VTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{VTB} - 6D_2(t) \frac{\gamma_1 \gamma_2^*}{\tilde{D}_2} + \gamma_3^* \right\}$$

Volumetric moisture for subsurface layer will look like:

$$W_1^*(x, z, t) = \beta_1 z^3 + \beta_2 z^2 - \left[6D_1^*(t) \frac{\beta_1 \beta_2}{\tilde{D}_1^*} - \beta_3^* \right] z \quad (34)$$

Where

$$\beta_1 = \frac{\gamma_1 (Z_{VTB} - z_1)^3 - [3\gamma_1 Z_{VTB} + \gamma_2^*] (Z_{VTB} - z_1)^2 + \left(3\gamma_1 Z_{VTB}^2 + 2\gamma_2^* Z_{VTB} - 6D_2(t) \frac{\gamma_1 \gamma_2^*}{\tilde{D}_2} + \gamma_3^* \right) (Z_{VTB} - z_1) + W_{IIB} - \beta_2 z_1^2 - \beta_3^* z_1}{z_1^3 - 6D_1^*(t) \frac{\beta_2}{\tilde{D}_1^*} z_1}$$

$$\beta_2 = \frac{\left\{ \begin{aligned} &W_{IHH} + (W_{IHH} - W_{IIB}) \cdot th(\mu^* t) + \alpha_1 (\delta + u_*)^3 + \alpha_2 (\delta + u_*)^2 - \left(6D_1(t) \frac{\alpha_1 \alpha_2}{\tilde{D}_1} + \alpha_3^* \right) (\delta + u_*) \\ &W_{IHH} - (W_{IHH} - W_3) \cdot th(\mu t) \end{aligned} \right\}}{(\delta + u_*)^2 - 6D_1^*(t) \frac{\beta_1}{\tilde{D}_1^*} (\delta + u_*)} +$$

$$+ \frac{\frac{12E_T}{7(\delta + u_*)} - \beta_1 (\delta + u_*)^3 - \beta_3^* (\delta + u_*)}{(\delta + u_*)^2 - 6D_1^*(t) \frac{\beta_1}{\tilde{D}_1^*} (\delta + u_*)}$$

According to research conducted in Mirzaabad District of Syrdarya Region, soil moisture at the surface decreases more rapidly than in other parts of the arable layer and the subsurface zone. Experiments have shown the effectiveness of deep ripping instead of ordinary plowing, which contributes not only to rapid salts reduction, but also preserve moisture during the growing season.

Analysis of the formulas shows the process of reducing volumetric moisture on the background of SHD, which allows to optimize the timing agronomic, technical and irrigation activities.

Experience and prediction of subsidence phenomena in land leveling of irrigated field surface. The rise of culture of irrigated agriculture can be been reached only by implementation in life complex organizational and economic, hydrotechnical, agromeliorational measures that will provide the best conditions for high and stable yields with high mechanization of production processes in the irrigated field. Favorable topography irrigated fields have played great importance in this development. Application of method of irrigation and irrigation techniques have been corresponded by favorable slopes.

Study of the issue were involved in biggest experts, as: F.B. Abutaliev, H.A. Akhmedov, B.R. Bazarov, F.A. Barayev, J.G. Batrakov, A.N. Vavilov, H.K. Gaziev, I.D. Dzyandevich, V.A. Dukhovniy, R.K. Ikramov, A.N. Kostyakov, S.M. Krivovyaz, V.F. Kulinchenko, N.T. Laktaev, A.N. Lyapin, V.N. Martensen, V.F. Nasenko, A.A. Rachinskiy, B.S. Serikbaev, N.I. Samsonov, G.V. Tsivinskii, U.Yuldashev, etc.

Technology design of all these methods is to ensure that the project designer gradually picks up the desired position design surface for the balance of earthworks,

but this will not include ground subsidence phenomena.

Methods of land leveling design fields with any configuration. Currently, land leveling design methods have assigned independently of the exposure degree to soil subsidence. Therefore, our research has been devoted to solving this problem. Designed field, that is the shape with any configuration, divides into squares with sides of 20x20 m, then determines by the ground mark the centers of the squares and the center of "gravity" of the irrigated field. Then the field is divided into two parts and determined centers "gravity" of the half- sites.

The plane, which duplicates the site natural topography and at gives minimum volume of the cutting and fill works is defined as:

$$\begin{vmatrix} x - \bar{x} & y - \bar{y} & z - \bar{h} \\ x_1 - \bar{x} & y_1 - \bar{y} & h_1 - \bar{h} \\ x_2 - \bar{x} & y_2 - \bar{y} & h_2 - \bar{h} \end{vmatrix} = Ax + By + Cz + D \quad (35)$$

here $\bar{x}$, $\bar{x}_1$, $\bar{x}_2$, $\bar{y}$, $\bar{y}_1$, $\bar{y}_2$, $\bar{h}$, $\bar{h}_1$, $\bar{h}_2$ - center "gravity" and half of all sites coordinates of abscissa, ordinate and aplicate.

Increment to the design plane taking into account the soil plane buckling or subsidence by the following relationship:

$$\Delta h_{np} = h_p K_r = h_p \left(\frac{\rho_1 - \bar{\rho}}{\bar{\rho}} \right) \quad (36)$$

This dependence is recommended for the design fields with any configuration, taking into account soil subsidence (bulging). Formation of the desired cut/fill height can be accomplished in the following ways (Table 4).

Table 4

List of technologies applied to the demonstrative field

Technology	Unit costs, \$/ha	Advantages	Disadvantages
Plowing, laser land leveling, additional cut and fill activities, deep ripping on diagonals	460	Relatively high accuracy in the plane formation of plane	Large amount of manual labor and not completely adaptive laser leveling tools for wide application of this method, low productivity of machinery
Diagonally deep ripping across the field, laser leveling, the second deep ripping on the opposite diagonal and correction of land surface by laser leveling	348	High efficiency effective application of machinery and the relative cheapness of the work	Relatively low the quality of field surface as compared to 1 and 3 methods

Plowing, laser leveling, diagonally deep ripping across the field, correction of land surface by laser leveling and the second deep ripping on the opposite diagonal	370	High effective application of machinery and the relative cheapness of works	Relatively high price compared with 2 way
--	-----	---	---

Technology comparison showed that the most effective was the last method. Analysis of capital investments in laser leveling and deep ripping showed that the highest yield was deep ripping at 60 cm.

CONCLUSION

Studies allow us to formulate the following conclusions, determined by theoretical and practical significance of the work:

1. An economic -mathematical model (equation 2) to adjust the water use plans in conditions of water scarcity was developed. Optimization problem of water distribution between crops in terms of WCAs and farmers can be solved by proposed model, which will minimize the loss of agricultural production under water scarcity. That allows to increase revenue 342 400 UZS/ha (WCA Sairam Kuyi Suvi -Chirchik district of Tashkent region) compared to the traditional methods of water distribution.
2. The economic -mathematical model (equation 3) for operational optimization of agricultural land with a deficit of irrigation water was developed. Experience of the crop area optimization indicate a need for diversification of species and varieties of crops. Only through proper diversification revenue can increase to the sum of 454 200 Uzb/ha (farm Mamatkul Jurakul ugli at WCA N.Mirzaev Kumkurgan District of Surkhondarya Region).
3. Created the economical-mathematical model (equation 4) to optimize areas of crops and volumes of water allocation under extension of water scarcity. Implementing the optimization of crops area and water distribution in the irrigation water shortage period minimized agriculture losses in dry years. For example, economic efficiency after the introduction of this method in the farm "Saodat" in WCA N.Mirzaev at Kumkurgan District of Surkhondarya Region was 821 500 UZS/ha higher than the control.
4. Until now, when modeling the moisture flow associated with the evaporation of the physical, not considered it's changing to a limited extent. In this connection, in this work, is taken into account the change of volumetric humidity in the range of wilting moisture to field capacity. Based on the analytical solutions of moisture transfer in automorphic soils in the initial period of plant development and taking into account the development of the root system, by solving the inverse problem in physics (procedure Acad. Abutalieva FB) determined the physical parameters of soil in considered WCA.
5. An analytical dependence (equation 12) determines the moisture flow (physical evaporation) on the earth surface, based on agronomic parameters (tilth), the physical

properties of soils and the development of plant root systems and soil humidity changes within a limited range (from wilting to field capacity).

6. The author suggests the analytical dependence (equation 15) of groundwater table dynamics at SHD background in space and time, which differs significantly from the results of P.Y. Polubarinova - Cochina, receiving an average depth of groundwater, the average value of the maximum and minimum water level.

Developed (transcendental) equation (equation 16) to determine the groundwater level to any fixed time period and is a function of the soil porosity, the soil percolation coefficient, the intensity of infiltration, the evaporation at the soil surface, drain spacing and critical depth.

7. The author created mathematical model (equation 17) which describes the SHD resistance coefficient and discharge in time. In contrast to acad. S.F. Averianov receiving SHD percolation resistance and discharge as constant value, the author proves the change SHD percolation resistance and its discharge.

8. Based on this formula the dynamics of the groundwater level, the author developed model (equation 23) and a software for solving the problem on the forecasting humidity for orchards, vineyards and perennial crops, i.e. humidity changes in a homogeneous soil. The results showed that the decrease in volumetric humidity near the drainage is faster than in the middle drainage space.

9. On the basis of theoretical studies, the dependence (equations 26 and 27) the change of humidity in a bilayer soil (vegetation period, arable and subsurface layers) allows to determine the dynamics of moisture in the aeration zone for collecting moisture from "artificial" winter floods caused by the transition to energetically management of transboundary waters.

10. The numerical solution of (equations 29 and 30) equations of the dynamics of moisture transfer in stage by stage layers loosening on the background of the SHD, consider having a two-layer medium (root and subsurface layers). Solution of the problem can optimize the depth and time of stage by stage layers loosening for increasing irrigation interval. The proposed simulation method of moisture transfer stage by stage layers loosening allowed to get accurate data on humidity changes in compared to the previously used method (F.A. Baraev and M. Abbaskhanov).

11. Mathematical models (equations 32, 33, 34), considering three-layer soil (root, arable and subsurface layers) allow to determine the dynamics of soil moisture on irrigated field under SHD background. Using the procedure by solving the inverse problem in physics (procedure Acad. Abutaliev FB) determined the physical parameters of soil in considered WCA.

12. Improved methods of laser leveling design (equations 35, 36) of irrigated land on subsiding soils, reduces the amount of cut/fill works to 12-16% (WCA Muhtarali Yusupov Kurgantepa district of Andijan Region). The developed method promotes creating a stable plane.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ

Список опубликованных работ

List of published works

I бўлим (I часть; I part)

1. Мурадов Р.А. Лазерли ер текислаш ишларини олиб бориш бўйича қўлланма. «Суғориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш Жамғармаси салоҳиятини ошириш» лойиҳаси. – Тошкент, БМТТД, 62 б.
2. Рахимов Н., Мурадов Р.А. Лазерли ер текислаш ва чуқур юмшатиш ишлари бўйича қўлланма. «Суғориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш Жамғармаси салоҳиятини ошириш» лойиҳаси. – Тошкент, БМТТД, 52 б.
3. Мурадов Р.А. Повышение эффективности оросительной воды в фермерских и дехканских хозяйствах Узбекистана // Научно-практический журнал «Мелиорация». – Минск, 2009 г, стр. 141—146.
4. Мурадов Р.А., Махмудова Д.Э. Вопросы оптимизации площадей сельскохозяйственных культур и объемов водоподачи в условиях маловодья // Журнал «Механика муаммолари». – Т., 2010, № 2, стр. 53-55.
5. Мурадов Р.А. Оптимизация водораспределения орошаемой воды между сельскохозяйственными культурами // Журнал «Агроилм», №1 (13), 2010, стр. 37.
6. Мурадов Р.А. Об одном способе определения потока влаги на поверхности земли // Журнал «Механика муаммолари». – Т., 2011, № 2, стр. 32-35.
7. Мурадов Р.А. Об определении положения уровня грунтовых вод при систематическом горизонтальном дренаже // Журнал «Механика муаммолари». – Т., 2011, № 2, стр. 35-40.
8. Мурадов Р.А., Худайназаров Ж. Модели вододеления между культурами в условиях дефицита водных ресурсов // Журнал «Механика муаммолари». – Т., 2011, № 2, стр. 52-54.
9. Мурадов Р.А. К вопросу моделирования влагопереноса // Журнал «Механика муаммолари». – Т., 2011, № 2, стр. 85-89
10. Muradov R.A. Uzbekistan: Ways of water and land management in watershortage period. USA. Californiya, ARS, Modernization and automatization waater management systems, 2011, pp 35-47.
11. Мурадов Р.А. О распределении объемной влажности во вневегетационный период с учетом работы горизонтального систематического дренажа // Журнал «Механика муаммолари». – Т., 2012, № 1, стр. 36-41.
12. Мурадов Р.А. Распределение объемной влажности в однородной среде при наличии систематического горизонтального дренажа // Журнал «Механика муаммолари». – Т., 2012, №2, стр. 69-73.
13. Мурадов Р.А. О распределении объемной влажности при послойно-позтапном рыхлении на фоне систематического горизонтального дренажа // Журнал «Механика муаммолари». – Т., 2012, №3 стр. 31-34.
14. Zaynulla Rahmatulla, Murat A.Yakubov, Rustam A.Muradov, Lei Jia Quang, Khurshida M. Yakubova. Theoretical analysis of moisture dynamics on the irrigated areas. Applied Mechanics and Materials Journal, Trans Tech Publications, Switzerland, 2013, Vols. 316-317, pp 362-367. www.scientific.net/AMM.316-317.362.
15. Мурадов Р.А., Усманова Н.М. Моделирование влагопереноса при наличии корневого, пахотного и подпахотного слоев // Журнал «Доклады Академии наук

- Республики Узбекистан», 2013, №5, стр. 20-23.
16. Rustam A. Muradov Water and land management in watershortage period. Advanced Science Journal, 2014, №1, USA, Washington, pp.67-75. www.mendeley.com/share/document/invoke/6e51839ca/document/2.81_90.pdf
 17. Rustam A. Muradov Modeling moisture dynamics in the irrigated areas. Advanced Science Journal, 2014, №2, USA, Washington, pp. 96-101. www.mendeley.com/share/document/invoke/6c51839ca/document/3.96_101.pdf
 18. Мурадов Р.А. Водопользование в условиях дефицита оросительной воды //Журнал «Вестник ТашГТУ» . – Т., 2010, № 1-2, стр. 164-168.
 19. Мурадов Р.А., Шайманов Н.О. Некоторые вопросы планировки земель на просадочных грунтах// Журнал «Агроилм». – Т., 2014, №1 (29), стр. 55-57.
 20. Рахимов Н., Мурадов Р. Ерларни лазерли текислаш ва чукур юмшатиш ишларининг асослари ва самараси ҳақида //«Ecologiya xabarnomasi» журнали. – Т., 2012, №11, 23-36 бб.
 21. Мурадов Р., Суяров У. Методика проектирования планировки земель с учетом просадочности почвогрунтов // Журнал «Агроилм». – Т., 2013, №2, стр. 62-63.
 22. Мурадов Р.А. Планировка земель на просадочных грунтах // Журнал «Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации». – Москва, 2014, №3 (15), стр. 68-81, www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec279-field6.pdf
 23. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ DGU №01900 Мурадов Р.А., Бараев Ф.А., Худайназаров Ж., Тураханов Р.Р., Махмудов Х.Э. Программа оптимизации соотношения орошаемой площади и водоподачи. – Ташкент, 2010.
 24. Мурадов Р.А., Бараев Ф.А., Мурадов А., Тураханов Р.Р., Махмудов Х.Э. Биозовур параметрларини аниқлаш дастури. Программа для ЭВМ, DGU №02007. – Ташкент, 2010.
 25. Мурадов Р.А., Бараев Ф.А., Худайназаров Ж., Мурадова Н.А. Суғориш суви танқислигида қишлоқ хўжалик экин майдонларини оптималлаштириш бўйича дастур. Программа для ЭВМ, DGU №01853. – Ташкент, 2009.
 26. Мурадов Р.А., Бараев Ф.А., Худайназаров Ж., Мурадова Н.А. Суғориш суви танқислигида қишлоқ хўжалик экинлари орасида сув тақсимотини оптималлаштириш бўйича дастур. Программа для ЭВМ, DGU №01843. – Ташкент, 2009.
 27. Мурадов Р.А., Бараев Ф.А., Муминов И.М. Тупроқнинг фильтрация коэффициенти ва А-комплекс параметри. Программа для ЭВМ, DGU №01803. – Ташкент, 2009.
 28. Мурадов Р.А., Бараев Ф.А., Худайназаров Ж. (K, b, alfa) Империк параметрлардан фильтрация назариясидаги (K, A) коэффицентларга утиш. Программа для ЭВМ, DGU №01800. – Ташкент, 2009.

II бўлим (II часть; II part)

29. Мурадов Р.А. Тураханов Р., Бараев Ф., Бараев А. Продуктивность оросительной воды и дренаж. «Ўзбекистон Республикаси қишлоқ хўжалигида сув ва ресурс тежовчи технологиялар» мавзусида халқаро илмий-амалий конференция маърузалари асосидаги мақолалар тўплами. – Тошкент ЎзПТИ, 2008 й., 106-107 бб.
30. Мурадов Р.А., Салоҳиддинов А., Бараев Ф., Худайназаров Д., Шайманов Н.

Управление водными ресурсами в АВП «Ўзбекистон Республикаси қишлоқ хўжалигида сув ва ресурс тежовчи технологиялар» мавзусида халқаро илмий-амалий конференция маърузалари асосидаги мақолалар тўплами. – Тошкент ЎзПИТИ, 2008 й., 118-124 бб.

31. Мурадов Р.А., Шайманов Н. Проблемы сбора платы за ирригационные услуги в ассоциациях водопользователей. «Сув танқислиги ва бозор муносабатларига утиш шароитларида ер ва сув ресурсларидан фойдаланишнинг долзарб муаммолари» мавзусидаги ёш олимларнинг 7-илмий-амалий анжуманининг мақолалар тўплами 1-қисм 16-17 май, ТИМИ. – Тошкент, 2008, 171-173 бб.
32. Мурадов Р.А., Ф.Бараев, Ж.Худайназаров Проблема перехода на платное водопользование в орошаемом земледелии. «Повышение эффективности мелиорации и сельскохозяйственного использования мелиорированных земель» тезисы докладов международной научно-практической конференции. – Минск, 15-16 сентября 2009 г., 10-13 стр.
33. Мурадов Р.А., Мурадова Н.А. О состоянии АВП «Бешкахрамон» Кумкурганского района. «Сув танқислиги шароитида ер ва сув ресурсларидан фойдаланишнинг долзарб муаммолари» мавзусидаги ёш олимларнинг 8-илмий-амалий анжуманининг мақолалар тўплами 1-қисм 19-21 май, ТИМИ. – Тошкент, 2009, 128-131 бб.
34. Мурадов Р.А., Бараев Ф.А., Муминов И.М., Шеров А.Г. Оперативное уточнение коэффициентов полезного действия оросительных каналов. «Сув танқислиги шароитида ер ва сув ресурсларидан фойдаланишнинг долзарб муаммолари» мавзусидаги ёш олимларнинг 8-илмий-амалий анжуманининг мақолалар тўплами 1-қисм 19-21 май, ТИМИ. – Тошкент, 2009, 113-116 бб.
35. Мурадов Р.А. Эффективное использование земель в ассоциациях водопотребителей при дефиците водных ресурсов. «Иқлим ўзгариши ва табиий ресурслардан оқилона фойдаланиш» мавзусидаги анжуманининг илмий мақолалар тўплами. – Тошкент, 2012, 73-77 бб.
36. Мурадов Р.А. О моделировании динамики влажности в системе «почва–растение–вода». Сб. науч. труд. «Пути повышения эффективности орошаемого земледелия», Новочеркасск, ФГБНУ «РосНИИПМ», Геликон, 2013, стр. 117-122.
37. Мурадов Р.А. Некоторые вопросы планировки земель на просадочных грунтах. Сб. статей IX междунаро. научн.-практич.конфер. «Аграрная наука – сельскому хозяйству». – Барнаул, АлтайГАУ, 2014, стр. 457-460.
38. Мурадов Р.А. Некоторые вопросы эффективного использования земель в АВП при дефиците водных ресурсов. Сб. статей IX междунаро. научн.-практич.конфер. «Аграрная наука – сельскому хозяйству». – Барнаул, АлтайГАУ, 2014, стр. 460-462.

Автореферат «Ўзбекистон қишлоқ хўжалиги» журнали таҳририятида тахрирдан ўтказилди (20.11.2014 йил).

*Босишга рухсат этилди: 23.02.2015 й. Қозғоз ўлчами 60х84-1/16.
Ҳажми: 4,5 б.т., 100 нусха. Буюртма: №101.
ТИМИ босмахонасида чоп этилди.
100000, Тошкент ш., Қори-Ниёзий кўч., 39.*

