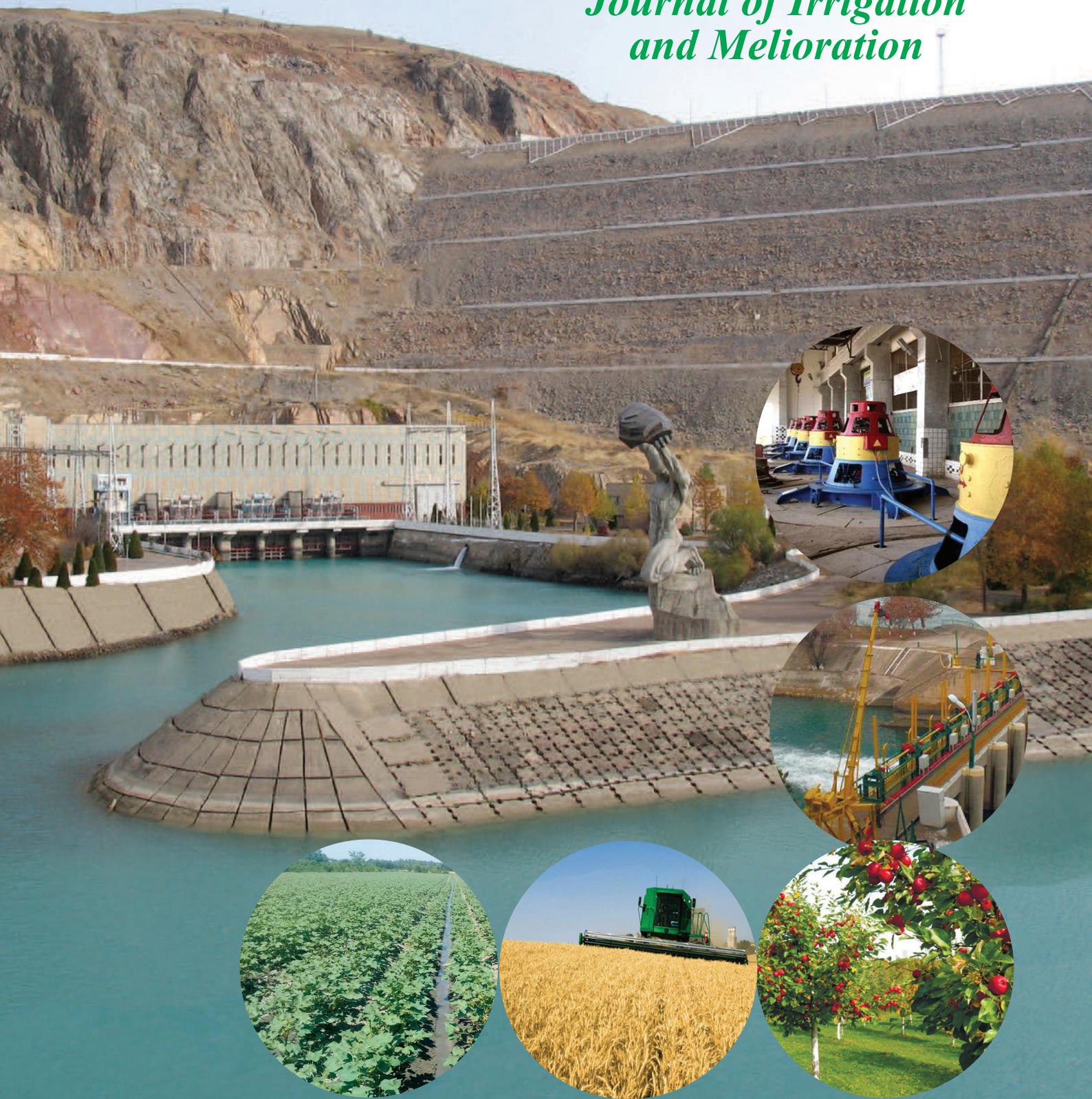


# IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA

№3(21).2020

*Journal of Irrigation  
and Melioration*



### **Бош муҳаррир:**

Султанов Тахиржон Закирович

Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти илмий ишлар ва инновациялар бўйича проректори, техника фанлари доктори, профессор

### **Илмий муҳаррир:**

Салоҳиддинов Абдулхаким Темирхўжаевич

Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти халқаро ҳамкорлик бўйича проректори, техника фанлари доктори, профессор

### **Муҳаррир:**

Ходжаев Сайдакрам Сайдалиевич

Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти техника фанлари номзоди, доцент

### **ТАҲРИР ҲАЙЪАТИ ТАРКИБИ:**

**Умурзаков Ў.П.**, иқтисод фанлари доктори, профессор, ТИҚҲММИ ректори; **Ҳамраев Ш.Р.**, қишлоқ хўжалик фанлари номзоди, Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазири; **Ишанов Х.Х.**, техника фанлари номзоди, Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси бош мутахассиси; **Салимов О.У.**, техника фанлари доктори, Ўз.РФА академиги; **Мирсаидов М.**, техника фанлари доктори, Ўз.РФА академиги; **Хамидов М.Х.**, қишлоқ хўжалик фанлари доктори, ТИҚҲММИ профессори; **Бакиев М.Р.**, техника фанлари доктори, ТИҚҲММИ профессори; **Рамазанов О.Р.**, қишлоқ хўжалик фанлари доктори, ТИҚҲММИ профессори; **Мирзаев Б.С.**, техника фанлари доктори, ТИҚҲММИ ўқув ишлар бўйича проректори; **Рахимов Ш.Х.**, техника фанлари доктори, ИСМИТИ профессори; **Арифжанов А.М.**, техника фанлари доктори, ТИҚҲММИ профессори; **Гловацкий О.Я.**, техника фанлари доктори, ИСМИТИ профессори; **Икромов Р.К.**, техника фанлари доктори, ИСМИТИ профессори; **Шеров А.Г.**, техника фанлари доктори, ТИҚҲММИ профессори; **Умаров С.Р.**, иқтисод фанлари доктори, ТИҚҲММИ профессори; **Исмаилова З.**, педагогика фанлари доктори, ТИҚҲММИ профессори; **Махмудов И.**, техника фанлари доктори, ИСМИТИ директори; **И момов Ш.Ж.**, техника фанлари доктори, ТИҚҲММИ доценти; **Худаяров Б.**, техника фанлари доктори, ТИҚҲММИ профессори; **Бегматов Б.**, Мелиорашининг давлат лизинг компанияси директори.

### **ТАҲРИР КЕНГАШИ ТАРКИБИ:**

**Ватин Николай Иванович**, т.ф.д., Буюк Пётр Санкт-Петербург политехника университети профессори; **Иванов Юрий Григорьевич**, т.ф.д., К.А.Тимириязев номидаги МҚҲА – Россия давлат аграр университети профессори, А.Н.Костяков номидаги Мелиорация, сув хўжалиги ва қурилиш институти директори в.б.; **Козлов Дмитрий Вячеславович**, т.ф.д., Москва давлат қурилиш университети профессори, Гидротехника ва Гидроэнергетика қурилиши факультетининг “Гидравлика ва Гидротехника қурилиши” кафедраси мудири; **Кизяев Борис Михайлович**, т.ф.д., А.Н.Костяков номидаги Гидротехника ва мелиорация Россия федерал давлат бюджет муассасалари илмий-тадқиқот институти профессори, Россия Фанлар академияси академиги; **Lubos Jurik**, associate professor at “Department of Water Resources and Environmental Engineering” of Slovak University of Agriculture in Nitra; **Коваленко Петр Иванович**, т.ф.д., Украина қишлоқ хўжалиги фанлари Миллый академияси академиги, Мелиорация ва сув ресурслари илмий-тадқиқот институти директор маслаҳатчиси, профессор; **Ханов Нартмир Владимирович**, профессор, К.А.Тимириязев номидаги МҚҲА – Россия давлат аграр университетининг “Гидротехника иншоотлари” кафедраси мудири; **Krishna Chandra Prasad Sah**, PhD, M.E., B.E. (Civil Engineering), M.A. (Sociology) Irrigation and Water Resources Specialist. Director: Chandra Engineering Consultants, Mills Area, Janakpur, Nepal; **Айнабеков Алпысбай Иманкулович** – т.ф.д., М.Ауезов номидаги Жанубий-Қозогистон давлат университетининг “Механика ва машинасозлик” кафедраси профессори.

**Муассис:** Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти (ТИҚҲММИ)

**Манзилимиз:** 100000, Тошкент ш., Қори-Ниёзий, 39. <https://uzjournals.edu.uz/tiiame/> E-mail: [i\\_m\\_jurnal@tiiame.uz](mailto:i_m_jurnal@tiiame.uz)

«Irrigatsiya va Melioratsiya» журнали илмий-амалий, аграр-иқтисодий соҳага ихтисослашган.

Журнал Ўзбекистон Матбуот ва ахборот агентлигига 2015 йил 4 марта 0845-ракам билан рўйхатга олинган.

**Обуна индекси: 1285.**

**Дизайнер:** Ташханова Муқаддас Паҳритдиновна



**Главный редактор:**

Султанов Тахиржон Закирович  
доктор технических наук, профессор,  
проректор по научной работе и инновациям  
Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

**Научный редактор:**

Салохиддинов Абдулхаким Темирхужаевич  
доктор технических наук, профессор,  
проректор по международному сотрудничеству  
Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

**Редактор:**

Ходжаев Сайдакрам Сайдалиевич  
кандидат технических наук, доцент,  
Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**Умурзаков У.П.**, доктор экономических наук, профессор, ректор ТИИИМСХ; **Хамраев Ш.Р.**, кандидат технических наук, Министр водного хозяйства Республики Узбекистан; **Ишанов Х.Х.**, кандидат технических наук, главный специалист Кабинета Министров Республики Узбекистан; **Салимов О.У.**, доктор технических наук, академик АНРУз; **Мирсаидов М.**, доктор технических наук, академик АНРУз; **Хамидов М.Х.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор ТИИИМСХ; **Бакиев М.Р.**, доктор технических наук, профессор ТИИИМСХ; **Мирзаев Б.С.**, доктор технических наук, профессор, проректор по учебной работе ТИИИМСХ; **Рахимов Ш.Х.**, доктор технических наук, профессор НИИИВП; **Арифжанов А.М.**, доктор технических наук, профессор ТИИИМСХ; **Гловацкий О.Я.**, доктор технических наук, профессор НИИИВП; **Икрамов Р.К.**, доктор технических наук, профессор НИИИВП; **Шеров А.Г.**, доктор технических наук, профессор ТИИИМСХ; **Умаров С.Р.**, доктор экономических наук, профессор ТИИИМСХ; **Исмаилова З.**, доктор педагогических наук, профессор ТИИИМСХ; **Махмудов И.**, доктор технических наук, директор НИИИВП; **Имомов Ш.Ж.**, доктор технических наук, доцент ТИИИМСХ; **Худаяров Б.**, доктор технических наук, профессор ТИИИМСХ; **Бегматов Б.**, директор государственной лизинговой компании "Узмелиомашлизинг".

**РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:**

**Ватин Николай Иванович**, д.т.н., профессор Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, (Россия); **Иванов Юрий Григорьевич**, д.т.н., профессор Российского государственного аграрного университета МСХА имени К.А.Тимирязева, и.о. директора института Мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н.Костякова, (Россия); **Козлов Дмитрий Вячеславович**, д.т.н., профессор, заведующий кафедры "Гидравлика и гидротехническое строительство" факультета гидротехнического и гидроэнергетического строительства, (Россия) Московского государственного строительного университета; **Кизяев Борис Михайлович**, д.т.н., профессор Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийского научно-исследовательского института Гидротехники и мелиорации имени А.Н.Костякова, академик Российской академии наук, (Россия); **Lubos Jurik**, associate professor at "Department of Water Resources and Environmental Engineering" of Slovak University of Agriculture in Nitra; **Коваленко Петр Иванович**, д.т.н., профессор, Академик Национальной академии сельскохозяйственных наук Украины, Советник директора Научно-исследовательского института Мелиорации и водных ресурсов; **Ханов Нартмир Владимирович**, профессор, заведующий кафедрой "Гидротехнические сооружение" ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева; **Krishna Chandra Prasad Sah**, PhD, M.E., B.E. (Civil Engineering), M.A. (Sociology) Irrigation and Water Resources Specialist. Director: Chandra Engineering Consultants, Mills Area, Janakpur, Nepal. **Айнабеков Алпысбай Иманкулович**, д.т.н., профессор кафедры "Механика и машиностроение" Южно-Казахстанского государственного университета им. М.Ауезова.

**Учредитель:** Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

**Наш адрес:** 100000, г. Ташкент, улица Кары - Ниязий, 39. <https://uzjournals.edu.uz/tiiame/> E-mail: [i\\_m\\_jurnal@tiiame.uz](mailto:i_m_jurnal@tiiame.uz)

Журнал «Irrigatsiya va Melioratsiya» специализируется в научно-практической, аграрно-экономической сферах.

Журнал зарегистрирован Узбекским агентством по печати и информации 4 марта 2015 года за № 0845.

**Индекс подписки: 1285.**

**Дизайнер:** Ташханова Мукаддас Пахритдиновна



**Chief Editor:**

Sultanov Takhirjon

Vice-rector for scientific researches and innovations

Professor at Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers,

Doctor of technical sciences

**Scientific Editor:**

Salohiddinov Abdulkhakim

Vice-rector for international cooperation

Professor at Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers,

Doctor of technical sciences

**Editor:**

Hodjaev Saidakram

Associate professor at Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers,

Candidate of technical sciences

**EDITORIAL TEAM:**

**Umurzakov U.**, doctor of economic sciences, professor, rector of Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers; **Khamraev SH.**, candidate of technical sciences, minister of the Water Resources of the Republic of Uzbekistan; **Ishanov H.**, candidate of technical sciences, chief specialist Cabinet Ministers of the Republic of Uzbekistan; **Salimov O.**, doctor of technical sciences academician of ASRUz; **Mirsaidov M.**, doctor of technical sciences academician of ASRUz; **Khamidov M.**, doctor of agricultural sciences, professor TIIAME; **Bakiev M.**, doctor of technical sciences, professor TIIAME; **Ramazanov O.**, doctor of agricultural sciences, professor TIIAME; **Mirzaev B.**, doctor of technical sciences, vice-rector on academic affairs TIIAME; **Rakhimov SH.**, doctor of technical sciences, professor SRIIWP; **Arifjanov A.**, doctor of technical sciences, professor TIIAME; **Glovatskiy O.**, doctor of technical sciences, professor SRIIWP; **Ikramov R.**, doctor of technical sciences, professor SRIIWP; **Sherov A.**, doctor of technical sciences, professor TIIAME; **Umarov S.**, doctor of economic sciences, professor TIIAME; **Ismailova Z.**, doctor of pedagogical sciences, professor TIIAME; **Makhmudov I.**, doctor of technical sciences, director of SRIIWP; **Imomov Sh.**, doctor of technical sciences, associate professor TIIAME; **Khudayarov B.**, doctor of technical sciences, professor TIIAME; **Begmatov B.**, Director Meliomashlizing of the state leasing company.

**EDITORIAL COUNCIL:**

**Vatin Nikolay Ivanovich**, doctor of technical sciences, professor Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, (Russia); **Ivanov Yuryi Grigorievich**, doctor of technical sciences, professor Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, executive director of Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov (Russia); **Kozlov Dmitriy Vyacheslavovich**, doctor of technical sciences, professor Moscow State University of Civil Engineering – Head of the Department Hydraulics and Hydraulic Engineering Construction of the Institute of Hydraulic Engineering and Hydropower Engineering, (Russia); **Kizayev Boris Mihaylovich**, doctor of technical sciences, professor All-Russia Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation of A.N. Kostyakov, academician Russian academy of sciences (Russia); **Lubos Jurik**, associate professor at "Department of Water Resources and Environmental Engineering" of Slovak University of Agriculture in Nitra; **Kovalenko Petr Ivanovich**, doctor of technical sciences, Academician of the National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine, Advisor to the Director of the Research Institute of Melioration and Water Resources, Professor; **Xanov Nartmir Vladimirovich**, professor, Head of the Department of Hydraulic Structures RSAU – MAA named after K.A.Timiryazev; **Krishna Chandra Prasad Sah**, PhD, M.E., B.E. (Civil Engineering), M.A. (Sociology) Irrigation and Water Resources Specialist. Director: Chandra Engineering Consultants, Mills Area, Janakpur, Nepal. **Ainabekov Alpysbay Imankulovich**, doctor of technical sciences, professor of the Department Mechanics and mechanical engineering, South Kazakhstan State University named after M.Auezov.

**Founder:** Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers.

**Our address:** 39, Kari-Niyazi str., Tashkent 100000 Uzbekistan <https://uzjournals.edu.uz/tiiame/> E-mail: i\_m\_jurnal@tiiame.uz

The journal of "Irrigatsiya va Melioratsiya" specializes in scientific-practical, agrarian and economic spheres.

The journal was registered by the Uzbek Agency for Press and Information on March 4, 2015, under № 0845.

**Subscription index is 1285.**

**Desingner:** Tashkhanova Mukaddas



## ИРРИГАЦИЯ ВА МЕЛИОРАЦИЯ

Sh.B. Babakholov <b>Economic assesment of the impact of climate factors on wheat yield in Samarkand region.....</b>	7
S.M. Muratov, Kh.A. Abdivaitov, Sh.F. Rahmatillayev <b>Assessing surface water features using landsat-8 oli and sentinel-1 satellite images case study Sirdaryo region.....</b>	15
C.З. Xасанов, С.А. Одилов, Р.А. Кулматов <b>Иқлим ўзгариши шароитида сугориладиган майдонларда сизот сувларининг сатҳи ва минерализациясини вақт ва масофада ўзгариш динамикасини аниқлаш ва баҳолаш (Сирдарё вилояти мисолида).....</b>	20

## ГИДРОТЕХНИКА ИНШООТЛАРИ ВА НАСОС СТАНЦИЯЛАР

M.М. Мухаммадиев, С.Р. Жураев <b>Насос станциялар сув қабул қилиш иншоотининг лойқа чўқмаларидан тозалаш бўйича янги техник ечим ва унинг тажриба тадқиқотлари.....</b>	30
P.P. Эргашев, Б.Т. Холбутаев <b>Насос станцияси аванкамерасида сув сатҳининг ўзгариши.....</b>	35
A.А. Янгиев, Д.С. Аджимуратов <b>Распределение давлений и удельной энергии в закрученном потоке конфузора.....</b>	39
A.М. Арифжанов, Л.Н. Самиев Ф.К. Бабажанов, Г.М. Хамдамова, Ш.Н. Юсупов <b>Ер ости сувлар сатҳининг ўзгаришини агроландшафтлар барқарорлигига таъсирини геоахборот тизими услублари ёрдамида моделлаштириш.....</b>	43
M.Р. Бакиев, К.Т. Якубов И.Ж. Асаматдинов <b>Плановые размеры потока деформированного одиночной глухой дамбой.....</b>	47
O.Я. Гловацкий, P.P. Эргашев, Б. Хамдамов, Н.М. Исмаилов, Б.Т. Холбутаев <b>Повышение эффективности управления водораспределением при работе насосных станций оросительной системы.....</b>	52
M. Икрамова, А. Ходжиев, И.Ахмедходжаева <b>Туямуйин гидроузели таркибидаги Капарас ва Ўзан сув омборлари сувининг сифати.....</b>	58
A.М. Арифжанов, Ф. Гаппаров, Т.У. Апакхужаева, С.Н. Хошимов <b>Сув омборларини лойқа босишининг назарий ва табиий дала тадқиқотларининг таҳлили.....</b>	63

## ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ

A.К. Игамбердиев, Д.К. Муқимова <b>Комбинациялашган агрегат дискли ғалтакмолалари параметрларининг маъқул қийматларини аниқлаш.....</b>	67
--	----

## ҚИШЛОҚ ВА СУВ ХЎЖАЛИГИНИ ЭЛЕКТРЛАШТИРИШ ВА АВТОМАТЛАШТИРИШ

Ш.М. Музафаров, Б.Н. Эркинов, А.И. Пардаев В.Е. Балицкий Б.К.Тагаев <b>Стабилизация разрядных процессов в электрических полях электрофильтров.....</b>	73
---	----

А.Ж. Исаков, Б.К. Тухтамишев, Ж.Н. Толипов Исследование энергетических показателей электроприводов с преобразователями частоты на действующем оборудовании хлопко-очистительных заводов.....	78
М.Н. Турсунов, Х. Сабиров, У.Р. Холов, Т.З. Ахтамов Автономная фотоэлектрическая система круглогодичного гарантированного обеспечения электроэнергией сельских объектов.....	82

## ИРИГАЦИЯ ВА МЕЛИОРАЦИЯ СОҲАСИДА АМАЛГА ОШИРИЛАЁТГАН ИСЛОҲОТЛАР

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 10 июлдаги "Ўзбекистон Республикаси сув хўжалигини ривожлантиришнинг 2020–2030 йилларга мўлжалланган концепциясини тасдиқлаш тўғрисида"ти ПФ-6024-сонли Фармони.....	87
Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2020 йил 11 августдаги "Жиззах ва Сирдарё вилоятларида сув ресурсларидан самарали фойдаланиш ва ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш бўйича кечикириб бўлмайдиган чора-тадбирлар тўғрисида"ти ПҚ-4801-сонли қарори.....	89

UDC: 338.432

## ECONOMIC ASSESSMENT OF THE IMPACT OF CLIMATE FACTORS ON WHEAT YIELD IN SAMARKAND REGION

Sh.B.Babakholov - PhD student, Tashkent State Agrarian University

### Abstract

Agricultural production is highly vulnerable to climate shocks and predicted climate consequences may pose severe challenges to the resilience of Uzbek agricultural system, especially in terms of food security and income stability of rural producers. In this context, present study proposed to assess the impact of climate factors, such particular changes in mean temperature and rainfalls on total output of wheat-cultivating farmers in Samarkand region. By considering irrigation source and heterogeneous geography of the region, farmers engaged in wheat production were analyzed in two: upstream and downstream zones using Fixed effect panel approach. The empirical findings of study revealed that, the impact of climate factors differs across the region, while 1% increase in mean temperature during the months of (March-June/flowering period) was found to have negatively significant effect, while caused perceptible losses on total yield of wheat-cultivating farmers followed by 10% and 2% in downstream and upstream areas of Samarkand region. Contrary, precipitation had positive and significant effect on production of farmers operating in both areas of the region.

**Key words:** Climate change, wheat yield, Samarkand region, Fixed effect model.

## САМАРҚАНД ВИЛОЯТИДА ИҚЛИМ ОМИЛЛАРИ ЎЗГАРУВЧАНЛИГИНИНГ БУҒДОЙ ҲОСИЛИГА ТАЪСИРИНИ ИҚТИСОДИЙ БАҲОЛАШ

Ш.Б. Бабахолов - докторант, Тошкент давлат аграр университети

### Аннотация

Кишилоқ хўжалик ишлаб чиқариши иқлим омиллари ўзгарувчанлигига жуда таъсирчан бўлиб, кутилаётган иқлим ўзгариши оқибатлари Ўзбекистон қишлоқ хўжалиги барқарорлигига, айниқса, озиқ-овқат хавфсизлигига ва қишилоқ хўжалик ишлаб чиқарувчилари даромадларига жиддий хавф туғдириши мумкин. Шу нуқтаи назардан тадқиқот ишида Самарқанд вилоятида иқлим омиллари ўзгарувчанлигининг, хусусан, ўртacha ҳарорат ва ёғингарчилик микдорлари ўзгаришининг буғдои етиштируви фермерлар ялпи ҳосилига таъсирини баҳолаш мақсад қилинди. Суғориш манбалари ва худудининг географик жуғрофияси ҳисобга олинган ҳолда фермер хўжаликлари иккιи ҳудудга ажратилган, яъни юқори ва кўйи оқим кесимида ўрганилди, ўзгармас таъсир (Fixed effects) моделидан фойдаланилган ҳолда. Таҳлиллар натижалари шуни кўрсатди, иқлим омиллари ўзгарувчанлиги таъсири ҳудудлароро фарқ қиласди, яъни ўртacha ҳароратнинг (март-июнь ойларида/гуллаш даврида) 1% га кўтарилиши кўйи оқим ҳудудидаги фермерлар ялпи ҳосилининг 10% га ва юқори оқим ҳудудидаги фермерларнинг эса ялпи ҳосилининг 2% га камайишига олиб келади. Аксинча, ёғингарчилик микдорининг ошиши ҳар иккала ҳудудидаги фермер хўжаликлари ялпи ҳосилини оширади.

**Таянч сўзлар:** иқлим ўзгариши, буғдои ҳосили, Самарқанд вилояти, ўзгармас таъсир (Fixed effects) модели.

## ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЕГО ВЛИЯНИЯ НА УРОЖАЙ ПШЕНИЦЫ В САМАРКАНДСКОЙ ОБЛАСТИ

Ш.Б.Бабахолов - докторант, Ташкентский Государственный Аграрный Университет

### Аннотация

Сельскохозяйственное производство очень подвержено климатическим изменениям, и прогнозируемые климатические последствия могут создать серьезные проблемы для устойчивости сельскохозяйственной системы Узбекистана, особенно с точки зрения продовольственной безопасности и стабильности доходов сельских производителей. С этой точки зрения, в исследованиях предлагается оценить влияние климатических факторов, таких как изменения средней температуры и количества осадков, на общий объем производства пшеницы, выращиваемой фермерами в Самаркандинской области. Учитывая источник орошения и неоднородную географию региона, фермерские хозяйства, были разделены на две зоны и изучены в нижних и верхних участках по течению с использованием модели фиксированного эффекта (Fixed effect). Исследования показали, что влияние климатических факторов в регионе различно, в то время как повышение средней температуры на 1% в течение (март-июнь, период цветения) месяцев, приводит к ощутимым потерям общего урожая фермеров на 10% в нижних участках Самаркандинской области и на 2% на верхних участках по течению. Наоборот увеличение осадков приводит к увеличению общего урожая фермеров в обоих зонах региона.

**Ключевые слова:** Изменение климата, урожайность пшеницы, Самаркандинская область, модель с фиксированным эффектом.

**Introduction and background of study.** Central Asian countries under agricultural transition are particularly vulnerable to climate changes due to its heterogeneous geography and institutional changes since their independence [1]. Climate change (CC) consequences and predicted future

warming may pose core challenges to agriculture and rural livelihoods of the region. While the role of agriculture is vital in regional economy and for the livelihoods of its predominantly rural population, especially for the poor [2, 3]. The climate of the region has been changing more rapidly since 1950 s,

whether observed temperature increase is more than global mean with only minor changes in precipitation inducing seasonal water shortages for agricultural purposes and reducing yield of crops [4].

Some studies have also indicated that aridity is expected to increase extremely across the region, especially in arid zones like Uzbekistan due to temperature increase and accompanied decreases in precipitation [1, 2, 5]. Uzbekistan is located in central and mostly in arid areas of Central Asia. Country characterized as dry and landlocked with continental climate which by high temperatures up to 50°C during hot summers and cold winter temperatures by -35°C [6, 7]. Annual mean precipitation ranges between 95-1000 mm, while north-western parts of the country receive less than 100 mm [2,8]. Agriculture is the largest and important sector for the economy of the country, which contribution of the sector in national GDP is 28.7% and employs 33.2% of the country's labor force [9, 10]. Most importantly, more than 49% population of the country is living in rural areas and about 26% of them are directly associated with agricultural production [10]. Cotton and wheat are the main crops, which jointly accounted about 75% in the total structure of irrigated agricultural land, while recent policies were mostly oriented to support fruits and vegetable growing in order to strengthen the export potential of agricultural sector [7].

Uzbekistan has forwarded gradual transition from planned to market-oriented economy through agricultural reformations, including specialization, farm restructuring, land ownership, market liberalization, production efficiency and supporting market infrastructure from the beginning of independence years [11, 12]. The undertaken gradual reformations were mostly addressed to change property rights in agricultural sector so as to improve farm income through increasing the volume of agricultural production [13, 14]. Importantly, wheat was considered as strategic crop in terms of food security for the country and achieving grain self-sufficiency by increasing wheat production was determined as second major strategic goal in Uzbek agricultural policy [15]. As consequences of gradual reformations, most of the cotton sown areas were subdivided into wheat production and country has succeeded rapidly in grain production as well as grain independency was achieved through the transition [13, 15, 16]. However, wheat yield is still remaining lower than other countries under the same conditions [17]. Additionally, due to unfavorable climatic conditions, such as temperature increase and declined precipitation, total wheat output declined and price rose followed by 15% and 7% by 2018 in the country [17].

Irrational use of water sources on agricultural production during Soviet Union time have caused several problems including land degradation and high level of land salinization with 50-60 % in Uzbekistan [18, 19]. Thus lead the reduction of cropping areas in irrigated land and increased poverty level in rural places of the country [6, 20]. Nonetheless, climate change adds additional dimensions with adverse consequences and increases the vulnerability of rural producers in the country [1]. The climate of the country has been changing more rapidly and this caused water shortages for agricultural purposes [21, 22]. According to findings of [2, 6, 8], the strongest mean annual temperature increase of about 2.4°C and decline in precipitation by 50-100 mm over the century was observed in the country, while in terms of seasonal changes, temperature increases seem to be occurring mainly in spring and fall. This would raise the water demand of agricultural production in near future as well as increase the risk of heat shocks for wheat and barley grown

in winter and spring during their flowering time. High water demand of crops associated with hot and dry climates is expected to further increase in the future, which makes the profitability of agricultural production more vulnerable to water availability changes. Reduced irrigation water availability may cause high level of welfare loss including reduced crop yields in Uzbekistan [22]. Consequently, without implementing adaptation measures and technological progress, further increase in temperature with 2°C may lead reduction in yields for almost all crops by as much as 20-50 % by 2050 comparing with historic conditions 2000-2009 [23].

Moreover, aforementioned knowledge clearly judges that, predicted climate consequences may pose severe challenges to the resilience of Uzbek agricultural system, especially in terms of food security and income stability of rural producers. Additionally, studies conducted at farm level with climate change impacts on wheat production are remaining limited in the country. In order to fill this gap, present study aimed at (1) reviewing the climate projections through agricultural transition and (2) assessing the impact of climate factors, such particular changes in mean temperature and rainfalls during the most important period (flowering, grain-filling and last phases of maturity) on total output of wheat farmers located in upstream and downstream districts of Samarkand region.

#### Literature review

The climate change impacts on agricultural production and rural livelihoods are studied broadly by numerous scholars in different cases around the world. Higher minima and maximum temperature increase accompanied decline in precipitation in the context of climate change was observed and predicted to further increase with extreme consequences on agriculture for the late of 21<sup>th</sup> century in Central Asia [2, 24]. As Thurlow et al. [25] indicated in their scientific research, climate threats have statistically significant effects on rural incomes and it leads to increase rural poverty. Moreover, climate threats affect adversely to the welfare of agricultural producers, while poorer farms having less resilience and adaptive capacities are more vulnerable to negative shocks [26]. Future climate change may alter intra-seasonal patterns of precipitation, providing that the share of precipitation in non-vegetation period may increase and vice versa [4]. The findings of Isabel Haag et al., [27] indicated strong warming trend across Central Asian countries, particularly during the winter and spring with only minor positive changes in precipitation. Biophysical impacts of climate change on crop production (wheat, maize, rice and soybean) were assessed by Parry et al., [28] and cereal yields were estimated to drop by between 2.5% -10% and 10%-30% under 2030 and 2050 scenarios. Furthermore, Sommer et al. [21] found that climate simulations like temperature increase during flowering period of irrigated wheat posed high risk for flower sterility and reduction total yield in the southern part of Central Asia. Similarly, Bobojonov et al., [22] studied the impact of climate change at farm level under different climate scenarios in Central Asia. Accordingly, agricultural producers in Uzbekistan may benefit in the near future but may lose their income in the distant future as well as negative effect of climate change could be further aggravated in arid zones if water availability declines and water demand increases in upstream regions.

Following above reviewed studies, our research mainly focused on analyzing the direct impacts of weather variability, such particular changes in temperature and precipitation on average during the most important period (flowering, grain-filling and last phases of maturity) on total yield of wheat-cultivating farms in upstream and downstream districts of

Samarkand region. Importantly, empirical findings of this study could bring valuable implications to policy makers in order to increase the resilience of wheat producers to future weather extremes in study area.

#### Material and methods

**Study site.** Samarkand region was chosen for analysis which is located in central-eastern part of Uzbekistan, shown in figure 1. Region occupies 3.7% of the country's total area and more than 11% of whole population of Uzbekistan is living there, while about 65% of them live in rural areas [9]. Total crop area exceeds 432 thousand hectares or about 10% of total irrigated land of the country, of which irrigated lands are 249 thousand hectares and rain-fed areas are 183 thousand hectares [29,30]. The economy of the region is more agro-industrial, while region provides about 14% of country's total GDP. The share of agriculture is significantly higher in the structure of gross regional product, which is more than 30% [9].

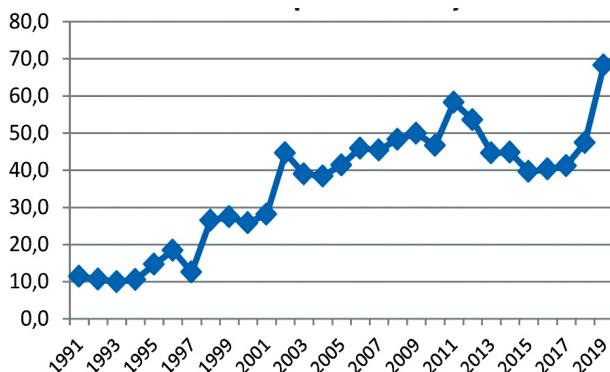


**Figure 1. The map of Uzbekistan and study area**

Source: Author's own completion based on

Samarkand region includes into territory of Zarafshan Valley, which is one of main zone for irrigated wheat in the country as well as irrigated agriculture has developed in the intermountain Basin of Zarafshan River [31, 32]. Wheat production is still dominating with significant portion of about 40% in total cropping pattern of the region [9].

As explored in figure 2, the productivity has gradual increase through the transition period. However, there was perceptible decrease in productivity from 2013 to 2018. The reason of declines might be either due to inefficient utilization of input resources or variations in climate factors. In turn, this has strengthened the motivation of study.

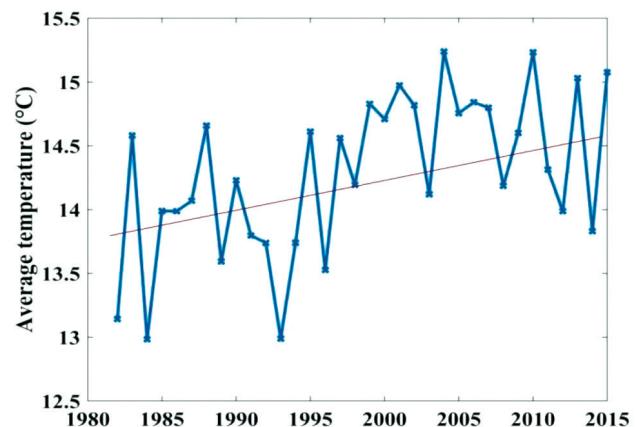


**Figure 2. Dynamics of Wheat productivity in Samarkand for the period of 1991-2019**

Source: Author's own completion based on

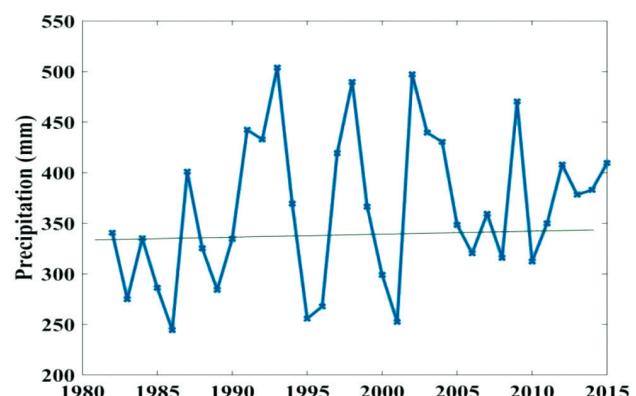
Climate of the region can be divided into two, which the northern and western parts are belonging to the continental climate, and the remaining parts (center, south and east) are covered by a subtropical intra-continental climate. Both climates represented hot and dry summers with partly cold winters. During the winter short periods of frost may occur, on condition that temperature drops up to -26 °C and summer temperature reaches +46 °C. Region lies higher than 700 m above sea level and receives 310 - 365 mm of annual precipitation on average [9,33].

Figures 3 and 4 represent the dynamics of annual temperature and precipitation on average for the period of 1982-2015. Accordingly, there were perceptible increases in mean annual temperature and slight changes on annual mean precipitation observed.



**Figure 3. Annual mean temperature in Samarkand, 1982-2015 years**

Source: Author's own completion based on data from Climatic Research Unit (CRU) <https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/>



**Figure 4. Annual mean precipitation in Samarkand, 1982-2015 years**

Source: Author's own completion based on data from Climatic Research Unit (CRU) <https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/>

**Data.** In this study, farm-level panel data with total sample of 1225 was used for estimations. The dataset covers the period of 2013-2018 and secondary data was obtained from the statistical department of Samarkand region. The impact of climate factors were analyzed in the case of 778 wheat growing farms from three upstream districts (Bulungur, Taylok, Urgut) and 447 farms located in three downstream districts (Kattakurgan, Narpay, Pahtachi) of Zarafshan River. Descriptive knowledge about study area is given in above part. Dataset contains one output and three input variables, whereas weighted total yield of produced wheat in the samples was created as the dependent variable in the model. Inputs

(explanatory variables) used in the analysis are the labor force (LF), seeds (SD) and total amount of employed chemical fertilizers (ChFer), while variables employed in production were specified in quantitative unit (kg/ha). To reference, Ahmed [52] and Mirzabaev [8] have also used similar variables in their studies. Dataset may have limitations, which statistical agencies usually have strong capacity to collect statistic reports from bigger and more productive farms and this may cause estimation biases. However, it believed that data used in present study covers relatively longer period and number of observations could also minimize any potential biases and provide more an accurate results.

Climate variables, such daily data on temperature and precipitation for the region were obtained from national hydro-meteorological agency. In addition, all other related materials were gathered from State Statistical Committee of the Republic of Uzbekistan. In this study, changes in temperature and precipitation on average from March to June, which is the most important period for winter wheat (flowering, grain-filling and the last phases of maturity) were considered as effect of climate change on total yield of wheat-cultivating farms. Depending on altitude, temperature and availability of precipitation the vegetation period of winter wheat differs across the region. An average maximum and minimum temperature during the months of March, April, May and June in upstream and downstream districts of study area are described in Table 1.

**Table 1**  
**Average maximum and minimum temperature in upstream and downstream districts, °C**

Place and year	March		April		May		June	
	Max (°C)	Min (°C)						
Upstream zone								
2013	16,1	-2,6	20,6	3,4	26,4	14,3	29,5	20,4
2014	17,2	-1,1	19,4	5,7	26,4	15,3	30	18,7
2015	18,1	-3,1	22,9	3,8	25,1	14,3	29,5	18,1
2016	17,4	1,8	22,9	6,8	24,7	14,3	28,8	18,7
2017	16	-3	21	3,4	25,8	14	29,3	20,4
2018	22,5	5	22,2	5,8	27	13,3	29,2	19,4
Downstream zone								
2013	18	-3,1	23,1	6,3	30,5	17,8	33,3	23,7
2014	19,8	-0,1	22	7	30,4	18,4	34,5	21,3
2015	18,3	-1,2	25,3	3,8	28,6	16,8	33,4	22
2016	19,2	3,9	26,3	8,1	28,1	18	33,4	23,2
2017	16,8	0,7	23,1	6,7	29,4	17,6	32,8	23,7
2018	23,8	5	24	8,4	30,4	17	32,7	23

Source: Author's own completion based on climate data obtained from national hydro-meteorological service of the Republic of Uzbekistan

According to descriptive results of table, there was slight increase in temperature during the flowering time in both upstream and downstream districts of the region. The optimal temperature during the flowering time) for winter wheat was considered between 25-30 °C and occurrence of temperatures above 28 °C is the presence of heat stress and even 5 days of heat stress is sufficient to cause significant reductions in yield [34]. In fact, as Johnson et al., [35] studied temperature increase during the flowering and grain-filling period of winter wheat may cause reduction in productivity by 20-30%.

**Methods.** There are several types of assessment methods, such agronomic models, integrated models, Ricardian models, econometric yield models and panel approaches and these models were widely used for climate change analysis around the world [36, 37]. Each model has its advantages and disadvantages based on their functions. Agronomic models are very suitable to capture the complex effects of climate change, such as biophysical environment, management practices and climate variation on crop yields [38]. The advantages of crop simulation models were already proven in the case of yield prediction analysis. However, limitation of these models is considering the management practices as exogenous in assessments [39].

Nonetheless, there is integrated assessment model often well-known as bio-economic farm models (BEFM) [40, 41]. This model enables to simultaneous combinations of biophysical changes and adaptation behavior of decision makers in various farming system as well as appropriate for analyzing the climate change impacts at entire farm or sector levels [42]. Furthermore, integrated models are capable to analyze the complex relationships between agro-ecological characteristics and production behavior of farmers under climate change scenarios even with restricted data availability [43, 44].

The effects of weather variables in the context of climate change on crop yields can also be captured by statistical regression models [45, 46]. Unlike crop models, econometric regression models could incorporate socio-economic and institutional factors upon biophysical variables (e.g. soils, temperature and precipitation, the length of the growing period), while this indicates the advantages of this model. In addition, there is another broadly used econometric method which well-known as Ricardian model [47]. This model is flexible to capture the impacts of climate change on land values or net farm revenues by using either long term historical or cross-sectional data at national or regional levels. However, it cannot capture the adaptation adjustments of decision makers in short term [8, 48]. Moreover, this method may face limitations for predicting future climate change impacts on agriculture at farm level due to technology development and CO<sub>2</sub> concentrations [22].

In this study, empirical estimations were implemented using farm level panel data. The literature broadly distinguishes the two most common panel approaches Random effects (RE) and Fixed effects (FE) [49, 50]. Unlike Ricardian approach, the panel model does not include land values as its independent variable since land values reflect the influence of long-term climate rather than short-term weather fluctuations. Moreover, Deschenes and Greenstone [51] indicate that the panel model would provide more conservative estimates of climate change than Ricardian models. Basically, total yield of wheat farms in upstream and downstream zones is assumed to be functions of employed input variables, such as seeds, fertilizers, labor force and seasonal (from March to June) mean temperatures and accumulated precipitation. Nonetheless, the total output or productivity may shifts due to technological progress or changes in climatic conditions over the time [52]. In order to implement above framework, fixed effects panel data notation was applied. A Hausman test was carried out so as to ensure the true model specification, while there was no correlation found out between region-specific effects and farm output. Consequently, null hypothesis was rejected and fixed effects (FE) model was considered as most appropriate approach for an analysis [50]. In addition, the estimation method also provides the advantage of controlling unobserved time-invariant heterogeneity by year fixed effects among farms in

study area. All in all, this approach is capable to control short-term adjustments of agricultural producers against weather shocks [37].

Following the Deschenes and Greenstone [51], the fixed effects model is specified as follow:

$$\ln Y_{ti} = \beta_0 + \beta_1 \ln SD_{ti} + \beta_2 \ln ChFer_{ti} + \beta_3 \ln LF_{ti} + \sum \phi_j (\beta_{jti}) + \varepsilon_{ti}$$

Where,  $Y$  - represents the total yield of  $i$  farm at  $t$  time;  $\alpha$  - is unobserved time-invariant variables (fixed effects of district  $i$ );  $SD$  - amount of employed total seeds per ha (kg/ha),  $LF$  - is total labor force,  $ChFer$  - is chemical fertilizer applied for production (kg/ha). Finally,  $\phi_j$  - is the effect of weather variables (mean temperature and rainfalls during the months of March, April, May and June).  $\beta$ 's - is vector of coefficients and  $\varepsilon_{it}$  - the error term.

The dependent and independent variables (except weather variables) were transformed into logarithmic form and first-differenced in order to avoid potential estimation biases. Due to its non-positive and zero values the actual values of weather factors were incorporated into model. Importantly, the weather variables used at lower administrative scale rather than provincial or country level and this indicates the difference of panel model specified in this study than other suggested panel models. Furthermore, Wald test and Wooldridge test [53] were carried out so as to test for heteroskedasticity in fixed effects models and for autocorrelation in panel data series. Accordingly, null hypothesis was set as homoskedasticity or constant variance, while null is rejected and heteroskedasticity was confirmed. In the case of Wooldridge test, null hypothesis were not rejected and concluded that, the data does not have first-order autocorrelation. In addition, robust standard errors were calculated in order to ensure more reliable statistic inferences [54].

## Results

**Summary statistics.** Based on dataset, Table 2 provides

**Table 2**  
**Summary statistics of output and input variables**

Variables	Measur-ement unit	Mean	St.dev.	Min	Max
Upstream zone					
Wheat yield	kg/ha	4550	9.05	2350	7200
Land size	ha	13.3	6.60	6	98
Seeds	kg/ha	206.4	19.7	170	260
Chemical fertilizers	kg/ha	247.5	48.7	110	420
Labour	persons	3.1	1.75	1	16
Mean temperature	°C	16.7	1.96	13.6	19.8
Mean precipitation	mm	140	0.48	90	240
Downstream zone					
Wheat yield	kg/ha	4130	9.08	1920	6240
Land size	ha	26.3	13.4	8	150
Seeds	kg/ha	218.3	20.8	180	250
Chemical fertilizers	kg/ha	271.4	60.1	100	520
Labour	persons	4.1	2.21	2	25
Mean temperature	°C	19.5	0.83	18.4	21.3
Mean precipitation	mm	70	0.31	40	130

Source: Author's own calculation in STATA 13.

descriptive knowledge about dependent and independent variables applied in estimations.

As we can judge from table information, the average land size of farmers in downstream area (mainly cotton and wheat) is almost two times bigger than upstream area (non-cotton crops, such wheat, vegetables, fruits, tobacco). Accordingly, wheat yield is higher by 420 kg/ha on average in upstream farms. In terms of climate conditions, increase in mean temperature (March to June) is quite higher in downstream districts, while farmers receive more precipitation in upstream districts.

### Climate change impacts

Impact of weather variables in the context of climate change on total output of wheat farmers were estimated using fixed effects model. The detailed results of estimations are reported in Table 3. According to table statistics, the values

**Table 3**  
**Detailed results of Fixed effects model**

Variables	Upstream zone	Downstream zone
	Coefficients	Coefficients
Constant	4.905*** (0.1464)	7.944*** (0.2855)
Ln (Seeds)	0.630*** (0.0181)	0.522*** (0.03131)
Ln (Chemical fertilizers)	0.168*** (0.0142)	0.069** (0.0243)
Ln (Labourforce)	0.037** (0.0088)	0.071*** (0.0183)
Mean temperature (March to June)	-0.020*** (0.0037)	-0.104*** (0.0090)
Mean precipitation (March to June)	0.0074 (0.0050)	0.203*** (0.0112)
	R-sq: within = 0.61 between = 0.84 overall = 0.76 F(5,777) = 715.48 corr(u_i, Xb) = 0.2673 Prob > F = 0.0000	R-sq: within = .46 between = 0.76 overall = 0.63 F(5,446) = 451.25 corr(u_i, Xb) = 0.257 Prob > F = 0.0000

Note: Standard errors are robust to heteroskedastic and contemporaneous correlated disturbance and \*\*\*, \*\* and \* indicates 1%, 5% and 10% significance level respectively. Source: Author's own calculations

of R square in upstream and downstream zones were found 0.84 and 0.76. This indicates that the model chosen for an analysis is appropriate to data and explains the good relations between output and input variables.

As indicated in analysis results, the total amount of employed chemical fertilizers has significant positive effect on wheat yield. This may imply that, farmers can cope with yield decreases caused by climate change through the effective application of fertilizers on their production. Furthermore, improving the access of farmers to fertilizers by government agencies can be one of key adaptation measure against to future climate shocks [52]. In addition, all other employed input variables such seeds and labour force in production were found to have positive effect on total output of wheat farmers in both study zones. In addition, the coefficients of all explanatory variables were found statistically significant at 1% and 5 %

level respectively. Likewise, daily temperature and rainfalls are also important factors for the yield of winter wheat, especially during the processes of flowering, grain-filling and last phases of maturity [34]. However, it should be considered that the relationship between crop yields and weather variables are non-monotonic [8,21]. The empirical findings of study reveal that the impact of climate factors differs across the region, while wheat farmers in downstream zone having greater impacts on their production than farmers in upstream zone. Further, 1% degree increase in mean temperature during the months of (March-June/flowering time) was found to have negatively significant effect, while caused perceptible losses on total yield of wheat-cultivating farmers followed by 10% and 2% in downstream and upstream areas of Samarkand region. Additionally, precipitation amount were found to have positive but not significant effect in upstream area. It may be due to high level of water provision from Zarafshan River. Nonetheless, the effect of rainfalls was found highly positive and statistically significant on production of farmers operating in downstream part of Zarafshan River.

### **Discussions**

The global climate change is becoming widespread and receiving tremendous attentions around the world. Central Asian countries are also vulnerable to climate shocks due to its physical geography and institutional changes since their independence. Based on the findings of studies conducted on climate projections, the climate regimes have been changing rapidly even more than global mean and predicted to further increase in the region especially mostly arid zones like Uzbekistan. Agricultural sector as being important for the economy is highly vulnerable to climate changes in Uzbekistan. Country almost fully relies on irrigated agriculture and the predicted climate changes may cause reductions on availability of irrigation sources in agricultural purposes across the country. Moreover, the adverse consequences of expected climatic conditions may pose severe challenges to the resilience of Uzbek agricultural system, especially in terms of food security and economic well-being of rural producers.

Gradual reformations were forwarded under agricultural transition in order to ensure food security and increase the volume of agricultural production since the beginning of independence years. Wheat was considered as strategic crop for the country and achieving grain self-sufficiency was determined as major goal of agrarian policy. Despite the lack of experience and knowledge of agricultural producers on wheat production, farmers could manage high yield and dependency on wheat import was diminished through the transition. However, as FAO [17] studied wheat yield is still remaining lower than other countries under same endowments, while total wheat output has declined by 15% due to unfavorable climate conditions such frequency of droughts and declined annual precipitation in the country. In this context, present study aimed at reviewing the climate projections through agricultural transition and assessing the impact of climate factors, such particular changes in mean temperature and rainfalls on total output of farmers engaged in wheat production.

Climate change analysis was implemented in Samarkand region, which is located in central-eastern part of Uzbekistan. The agriculture of the region has developed in the Basin of Zarafshan River and contains four agro-ecological zones due to its physical geography, water provision and land conditions. The climate is also differs among agro-ecological zones and therefore farmers were analyzed in upstream and downstream

cases. Based on climate data obtained from national hydro-meteorological agency, the remarkable increase in temperature within the past decades with minor change in precipitation was observed. Importantly, temperature increase has mainly occurred in spring and this could be an important constraint with heat stresses on wheat production in the region. As indicated in previous studies [21,34,35], the increase in daily temperature during the flowering time (March-June) of winter wheat can lead significant reductions in total yield. Estimations were accomplished using farm level panel data including 778 samples from upstream and 447 samples from downstream districts and most important input variables in production: seeds, fertilizers and labour were listed. The empirical findings of this study have shown that, all inputs applied in production have significant positive effect on total yield in both study areas. In addition, weather variables, such changes in average temperature and precipitation during the months of (March-June) on total yield of wheat farmers were considered as most important for farm output and incorporated into estimations. The empirical results of present study revealed that, wheat farmers in downstream zone having greater impacts on their production than farmers in upstream zone due to increased warming in spring. Furthermore, 1 degree increase in mean temperature during the months of (March-June/flowering period) was found to have negatively significant effect, while caused perceptible losses on total yield of wheat-cultivating farmers followed by 10% and 2% in downstream and upstream areas of Samarkand region. In contrast, precipitation effect was found positive and significant on production of farmers operating in upstream and downstream areas of Zarafshan River. The empirical findings of this study is consistent with the results of other studies conducted by (8,21,34,52). While temperature increase in spring is harmful for farm production and can lead losses on total output. Contrary, increase in precipitation may have positive contribution on farm production. However, it should be considered that the relationship between crop yields and weather variables are non-monotonic [8,21]. While excessive amount of rainfall could also lead adverse consequences to farm production. In addition, farm geographic location and soil structure are also important factors in terms of efficiency and productivity.

### **Conclusions**

This study reviewed the climate change projections and assessed the impacts of weather variables in the context of climate change on farm production under agricultural transition in Samarkand region. More precisely, pros and cons effects of mean temperature and precipitation during the flowering time of winter wheat on total output of wheat-cultivating farmers were investigated in upstream and downstream areas of central-eastern part of Uzbekistan. An empirical findings of this research show that, climate change impacts differs across the region, while wheat farmers in downstream zone having greater impacts on their production due to perceptible increase in mean temperature during the spring and low level of accumulated precipitation. Contrary, farmers in upstream zone had fewer damages on their production but predicted temperature increase in the future may lead declines in water availability and increases water demand. All in all, we suggest to further studies with large scale dataset containing other crop types and covering longer period in order to bring more valuable implications to policy makers on increasing the resilience of wheat producers to future weather extremes in Samarkand region of Uzbekistan.

## References

1. Lioubimtseva E, Henebry GM (2009), "Climate and Environmental change in arid Central Asia: impacts, vulnerability, and adaptations" Journal of Arid Environment 73:963-977.
2. IPCC (2007). Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
3. Man Zhang, Yuning Chen, Yanjun Shen, Yupeng Li (2017). Changes of precipitation extremes in Central Asia. J. Quaternary International. 436 16-27.
4. Gupta R., K. Kienzler, C. Martius, A. Mirzabaev, T. Oweis, E. De Pauw, M. Qadir, K. Shideed, R. Sommer, R. Thomas, K. Sayre, C. Carli, A. Saparov, M. Bekenov, S. Sanginov, M. Nepesov, and R. Ikramov (2009). Research prospects: A vision for sustainably land management in Central Asia. ICARDA Central Asia nad Caucasus Program. Sustainably agriculture in Central Asia and Caucasus Series No.1. CGIAR-PFU, Tashkent, Uzbekistan.
5. Christopher, P. O Reyer, Ilona M. Otto, Sophie Adams, Torsten Albrecht, Florent Baarsch, Matti Cartsburg, Dim Coumou, Alexander Eden, Eva Ludi, Rachel Marcus, Matthias Mengel, Beatrice Mosello, Alexander Robinson, Carl-Friedrich Schleussner, Olivia Serdeczny, Judith Stagl (2015). Climate change impacts in Central Asia and their implications for development. Reg. Environ. Change 17:1639-1650.
6. World Bank, (2009). Adapting to Climate Change in Europe and Central Asia. World Bank, Washington, DC.
7. FAO AQUASTAT UZB (2014). Map of water sources and irrigation in Uzbekistan [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries\\_regions/UZB/UZB-map\\_detailed.pdf](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/UZB/UZB-map_detailed.pdf)
8. Mirzabaev, A., (2013). Impact of weather variability and climate change on agricultural revenues in Central Asia. Quart. J. Int. Agric. 3, 179-194.
9. SCRUZ, (2017, 2018, 2019). The State Committee of the Republic of Uzbekistan on Statistics, Tashkent, Uzbekistan.
10. World Bank, (2018). World Development Indicators. The World Bank, Washington D.C, USA.
11. Pomfret, R., (2007). Distortions to Agricultural Incentives in Tajikistan, Turkmenistan and Uzbekistan. Agricultural Distortions Working Paper. World Bank, Washing-ton, DC. Pp. 52.
12. Babakholov Sh, Kim K.R. and Lee S.H. (2018). "Agricultural Transition and Technical Efficiency: An Empirical Analysis of Wheat-Cultivating Farms in Samarkand Region, Uzbekistan" Sustainability 2018, 10, 3232; MDPI - Academic Open Access Publishing. [www.mdpi.com/journal/sustainability](http://www.mdpi.com/journal/sustainability)
13. Lerman, Z. (2008). Agricultural development in Uzbekistan: The effect of ongoing reforms. The Hebrew University of Jerusalem Discussion Paper, 7.
14. Kienzler K.M, Djanibekov N. and Lamers (2011). An agronomic, economic and behavioral analysis of application to cotton and wheat in post-Soviet Uzbekistan. Agricultural Systems, 411-418.
15. Abdullaev, I., De Fraiture, C., Giordano, M., Yakubov, M., & Rasulov, A. (2009). Agricultural water use and trade in Uzbekistan: situation and potential impacts of market liberalization. International Journal of Water Resources Development, 25(1), (pp. 47-63).
16. Rudenko I., Kienzler K.M, Ruzimov J, Ibragimov N. (2011) "Winter wheat quantity or quality" Assessing food security in Uzbekistan. Springer Science + Business Media B.V. & International Society for Plant Pathology 2011Food Sec. 3:53–64.
17. FAOSTAT, (2018). Available at: (<http://ref.data.fao.org/database?entryId=262b79ca-279c-4517-93de-ee3b7c7cb553>). FAO Statistics Division
18. Glantz, M., (2005). Water, climate, and development issues in the Amu Darya Basin. Mitig. Adapt. Strat. Global Change 10, 23–50.
19. CAREC, (2011). Gap Analysis on Adaptation to Climate Change in Central Asia. Priorities, Recommendations, Practices. Regional Environmental Centre for Central Asia, Almaty.
20. Kariyeva, J., van Leeuwen, W.J.D., (2012). Phenological dynamics of irrigated and natural dry lands in Central Asia before and after the USSR collapse. Agric. Ecosyst. Environ. 162, 77–89.
21. Sommer, R., Glazirina, M., Yuldashev, T., Otarov, A., Ibraeva, M., Martynova, L., Bekenov, M., Kholov, B., Ibragimov, N., Kobilov, R., Karaev, S., Sultonov, M., Khasanova, F., Esanbekov, M., Mavlyanov, D., Isaev, S., Abdurahimov, S., Ikramov, R., Shezdyukova, L., de Pauw, E., (2013). Impact of climate change on wheat pro-productivity in Central Asia. Agric. Ecosyst. Environ. 178, 78–99.
22. Bobojonov I., Aden Aw-Hassan (2014). "Impacts of climate change on farm income security in Central Asia: An integrated modelling approach" Agriculture, Ecosystems and Environment 188 (2014) 245–255.
23. Sutton W, Srivastava J, Neumann J, Droogers P, Boehlert B (2013b), "Reducing the vulnerability of Uzbekistan's agricultural systems to climate change. Impact assessment and adaptation options" World Bank, Washington D.C.
24. IFPRI report, (2009). "Climate Change impact on agriculture and cost of adaptation" Washington, D.C.
25. Thurlow James, Tingju Zhu and Xinshen Diao (2009). The Impact of Climate Variability and Change on Economic Growth and Poverty in Zambia.
26. Ahmed S.A. N. Diffenbaugh and Thomas W Hertel (2009). Climate volatility deepens poverty vulnerability in developing countries. Environmental research letters. IOP publishing Ltd. Volume 4.
27. Isabell Haag, Philip D. Jones and Cyrus Samimi (2019). Central Asia's Changing Climate: How Temperature and Precipitation Have Changed across Time, Space, and Altitude. J. Climate MDPI.
28. Parry,M., Canziani,O., Palutikof,J., van der Linden, P. and C. Hanson (eds.), (2007). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
29. SCRUZ, (2018, 2019), Statistical department of Samarkand region, Samarkand, Uzbekistan.
30. [www.yourfreetemplates.com](http://www.yourfreetemplates.com) (Open source).
31. Hasanov, S., & Ahmed, M. N. (2011). Agricultural efficiency under resource scarcity in Uzbekistan: A data envelopment analysis. Business and Economic Horizons, (04), 81-87.

32. Sanaev G., Kim K. (2017). Analysis of Technical Efficiency of Tomato Production in Samarkand region, Uzbekistan, 26, 247-271.
33. Centre of Hydrometeorological Service, Cabinet of Ministers, (2018). Second National Communication of the Republic of Uzbekistan under the United Nations Framework Convention on Climate Change, Tashkent.
34. Hazratkulova S., Sharma R., Alikulov S. (2012). "Analysis of genotypic variation for normalized difference vegetation index and its relationship with grain yield in winter wheat under terminal heat stress". doi:10.1111/pbr.12003 Plant Breeding 127, 264–268.
35. Johnson, E.L., Edmonds J. (2003). Temperature, Water and Fertilizer Influence the Timing of Key Events During Grain Development in US Spring Wheat. Journal of Cereal Science 37 (2003) 9 -20. doi:10.1006/jcrs.2002.0483, available online at <http://www.idealibrary.com>.
36. Cline, W. R. (2007). Global warming and agriculture: impact estimates by country. Center for Global Development: Peterson Institute for International Economics. Washington, D.C
37. Mendelsohn, R., Dinar, A., Williams, L. (2006). The distributional impact of climate change on rich and poor countries. Environment and Development Economics, 11(02), 159-178. doi: doi:10.1017/S1355770X05002755.
38. Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijssman, A.J., Ritchie, J.T., 2003. The DSSAT cropping system model. European Journal of Agronomy 18, 235–265.
39. Schönhart, M., Schauppenlehner, T., Schmid, E., Muhar, A., 2011. Integration of bio-physical and economic models to analyze management intensity and landscape structure effects at farm and landscape level. Agric. Syst. 104,122–134.
40. Janssen, S., van Ittersum, M.K., (2007). Assessing farm innovations and responses to policies: a review of bio-economic farm models. Agric. Syst. 94,622–636.
41. Delden, H., van Vliet, J., Rutledge, D.T., Kirkby, M.J., (2011). Comparison of scale and scaling issues in integrated land-use models for policy support. Agric. Ecosyst. Environ. 142, 18–28.
42. Keating, B.A., McCown, R.L., (2001). Advances in farming systems analysis and intervention. Agric. Syst. 70, 555–579.
43. Weersink, A., Jeffrey, S., Pannell, D., 2002. Farm-level modeling for bigger issues. Rev. Agricultural Economics. 24, 123–140.
44. Thornton, P.K., (2006). Ex ante impact assessment and seasonal climate forecasts: status and issues. Clim. Res. 33, 55–65.
45. Cabas, J., Weersink, A., and Olale, E., (2010). Crop yield response to economic, site and climatic variables. Climatic Change, 101(3-4), 599-616. doi: 10.1007/s10584-009-9754-4.
46. You, L., Rosegrant, M. W., Wood, S., & Sun, D. (2009). Impact of growing season temperature on wheat productivity in China. Agricultural and Forest Meteorology, 149(6–7), 1009-1014. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2008.12.004>.
47. Mendelsohn, R., Nordhaus, W., and Shaw, D., (1994). The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis. The American Economic Review, 84(4), 753-771.
48. Mendelsohn, R. and Seo, N. (2007). Changing Farm Types and Irrigation as an Adaptation to Climate Change in Latin American Agriculture, Policy Research Working Paper 4161, World Bank.
49. Todd, P., (2007), "Panel data: Fixed effects, random effects, dynamic panel data models", [http://athena.sas.upenn.edu/petra/class\\_721/panelnotes.pdf](http://athena.sas.upenn.edu/petra/class_721/panelnotes.pdf), pp. 1-43.
50. Bell, Andrew, and Kelvyn Jones (2015). "Explaining Fixed effects: Random effects modelling of time-series cross-sectional and panel data." Political Science Research and Methods 3(1): 133-153.
51. Deschenes, O. and M. Greenstone (2007). "The economic impacts of climate change: Evidence from agricultural output and random fluctuations in weather". In: American economic review 97 (1): 354-385.
52. Ahmed. M.N. and Michael Schmitz. (2011) "Economic assessment of the impact of climate change on the agriculture of Pakistan" BEH - Business and Economic Horizons. Peer-reviewed and Open access journal ISSN: 1804-1205 | [www.pieb.cz](http://www.pieb.cz)
53. Wooldridge J. (2002). "Econometric analysis of cross section and panel data" MIT Press, Cambridge, MA.
54. Kézdi, Gabor. 2004. "Robust Standard Error Estimation in Fixed-Effects Panel Models", Hungarian Statistical Review, 9, 96–116.

UDC: 631.1:551.465.6:528.3(575.112)

## ASSESSING SURFACE WATER FEATURES USING LANDSAT-8 OLI AND SENTINEL-1 SATELLITE IMAGES CASE STUDY SIRDARYO REGION

**S.M.Muratov - engineer surveyor**

**State Geodetic Inspection under the State Committee on Land Resources,**

**Geodesy, Cartography and State Cadastre of the Republic of Uzbekistan**

**Kh.A.Abdivaitov - PhD student, Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers**

**Sh.F.Rahmatillayev - assistant, Tashkent state technical university named after Islam Karimov**

### **Abstract**

Water resources have become a very big problem in every part of Uzbekistan for several decades. Water is used not only exclusively for agricultural development, but also for many other purposes, such as industrial and chemical activities. Therefore, it is important to study the properties of surface water objects using optical and microwave satellite images. The Syrdarya region was selected for research. Because in the past, there have been no studies of water bodies using satellite images. The article presents the results of studies on the assessment of water properties from optical and microwave satellite images. In research for optical images, digital image processing technologies based on the ratio of ranges, which are known as spectral indexes, were used. Water indexes are designed to highlight water objects in remote sensing optical images. Water indexes are widely used for mapping water bodies, ponds, rivers, lakes, etc. Images of Landsat-8 OLI (Operational Land Imager) data sources were uploaded, which are freely available on the US Geological survey website. The SAR (Synthetic Aperture Radar) Sentinel-1A data was downloaded from the archives of Alaskan satellite objects. After preliminary processing of the SAR data, the image was classified and water features were extracted.

**Key words:** Remote Sensing, Landsat, Sentinel-1, water body, water indices, digital image processing.

## LANDSAT-8 OLI ВА SENTINEL-1 СУНЬИЙ ЙЎЛДОШ МАЪЛУМОТЛАРИДАН ФОЙДАЛАНГАН ҲОЛДА ЕР УСТИ СУВЛАРИНИНГ ХУСУСИЯТЛАРИНИ БАҲОЛАШ (СИРДАРЁ ВИЛОЯТИ МИСОЛИДА)

**С.М.Муратов - мұхандист-геодезист**

**Ўзбекистон Республикаси Ер ресурслари, геодезия, картография ва давлат кадастри давлат қўмитаси**  
**Х.А.Абдивайтов - таянч докторант**

**Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш мұхандислари институти**

**Ш.Ф.Рахматиллаев - ассистент, Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети**

### **Аннотация**

Бир неча ўн йиллар давомида сув захиралари Ўзбекистоннинг ҳар бир минтақасида катта муаммога айланди. Сув нафакат қишлоқ хўжалигини ривожлантириш учун ишлатилади, бундан ташқари саноат, кимёвий фаолият ва шу каби бошқа кўплаб мақсадларда ишлатилади. Шунинг учун ҳам оптик ва жуда юқори частотали (ЖЮЧ) сунъий йўлдош тасвирларидан фойдаланган ҳолда, ер усти сувларининг хусусиятларини ўрганиш зарур. Тадқиқот обьекти сифатида Сирдарё вилояти танланган. Бу ҳудудда ўтган йилларда сунъий йўлдош маълумотларидан фойдаланган ҳолда, сув ҳавзалари тўғрисидаги маълумотларни аниқлаб берадиган тадқиқотлар ўтказилмаган. Ушбу мақолада оптик ва жуда юқори частотали (ЖЮЧ) сунъий йўлдош тасвирларидан фойдаланган ҳолда сувнинг хусусиятларини баҳолайдиган тадқиқот натижалари келтирилган. Оптик тасвирларни тадқиқ қилишда спектрал индекслар деб номланувчи диапазонлар нисбати асосида рақамли тасвирни қайта ишлаш технологиясидан фойдаланилди, бу усул индекслаш деб ҳам номланади. Сув индекслари масофадан туриб зондлашнинг оптик тасвирларида юза сув ҳавзаларини ажратиб кўрсатиш учун мўлжалланган. Сув индекслари оқава сувларни, кўлларни, дарёларни ва бошқаларни хариталашда кенг кўлланилди. АҚШ Геологик хизматининг веб-сайтидан Landsat 8 OLI (Operatcion Land Imager) маълумотлари юклаб олинди, у очиқ маълумот сифатда мавжуд. Sentinel-1A SAR (Synthetic Aperture Radar) маълумотлари Аляска йўлдош мажмуаси архивидан юклаб олинди. Жуда юқори частотали (ЖЮЧ) маълумотларнинг тасвирлари таҳлилланганидан сўнг, сувдан иборат обьектлар ажратиб олинди.

**Таянч сўзлар:** масофадан зондлаш, Landsat, Sentinel-1, сув ҳавзаси, сув индекслари, рақамли тасвирга ишлов бериш.

# ОЦЕНКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ LANDSAT-8 OLI И SENTINEL-1, НА ПРИМЕРЕ СЫРДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ

**С.М.Муратов - инженер-геодезист Государственная геодезическая инспекция при Государственном комитете по земельным ресурсам, геодезии, картографии и государственному кадастру Республики Узбекистан  
Х.А.Абдиеватов - базовый докторант**

**Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства.**

**Ш.Ф.Рахматиллаев - ассистент**

**Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова**

## Аннотация

Водные ресурсы в течение нескольких десятилетий стали огромной проблемой в регионах Узбекистана. Вода используется не только исключительно для развития сельского хозяйства, но и для многих других целей, таких как промышленная и химическая деятельность и др. Поэтому важно изучение свойств поверхностных вод с помощью оптических и микроволновых спутниковых снимков. Для исследований выбрана Сырдаринская область, потому что ранее не проводились исследования, водных объектов с использованием спутниковых снимков. В статье приведены результаты исследований оценке свойств воды по оптическим и микроволновым спутниковым снимкам. В исследованиях для оптических изображений использовались основанные на соотношении диапазонов цифровые технологии обработки изображений, которые известны как спектральные индексы. Водные индексы предназначены для выделения водных объектов на оптических снимках дистанционного зондирования. Водные индексы широко используются для картографирования водных объектов, прудов, рек, озер и др. Были загружены изображения источников данных Landsat-8 OLI (Operational Land Imager), которые находятся в свободном доступе на веб-сайте Геологической службы США. Данные SAR (Synthetic Aperture Radar) Sentinel-1A были загружены из архивов спутниковых объектов Аляски. После предварительной обработки данных SAR изображение было классифицировано, извлечены водные объекты.

**Ключевые слова:** Дистанционное зондирование, Landsat, Sentinel-1; водоем, водные индексы, цифровая обработка изображений.

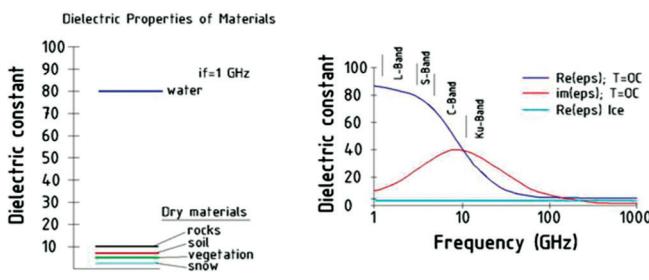


**I**ntroduction. Water resources in agriculture of the Republic of Uzbekistan are extremely limited, and at the same time the demand for water is growing day by day. Extensive use of geographic information systems (GIS) data is important in organizing the most efficient use of water resources. Therefore, the purpose of this article is to conduct a study that assesses the properties of water on the example of Syrdarya region. Land surface water is an important part of the water cycle. Whether it is in the right quality and quantity, and at the right time or not, is essential to life – for humans and their food crops, and for ecosystems [1]. With global climate change and the growing influence of human activities, the river changes [2, 3], shrinkage of wetlands, glacier melting [4], flooding [5] and other spatial and temporal distribution changes in surface water resources are increasingly highlighted. However, people know little about the rules of surface water bodies changing with climate, and its season or inter-annual changes characteristics, due to lack of dynamic changes information of water bodies. Real-time accessing the spatial distribution and time-varying information on rivers, wetlands, and floods has great significance for understanding the interaction mechanism of regional hydrology and climate change, and management of surface water resources [6].

Remote sensing is based on the measurement of reflected or emitted radiation from different bodies. Objects having different surface features reflect or absorb the sun's radiation in different ways. The reflectance properties of an object depend on the particular material and its physical and chemical state (e.g. moisture), the surface roughness as well as the geometric circumstances (e.g. incidence angle of the sunlight). The most important surface features are color, structure and surface texture [7]. The water curve is characterized by a high absorption at near infrared wavelengths range and beyond. Because of this absorption property, water bodies as well as features containing water can easily be detected, located and delineated with remote sensing data. Turbid water has

a higher reflectance in the visible region than clear water. Numerous methods have been developed to delineate water bodies in remotely sensed imagery [8]. Remote sensing has advantages of the macroscopic, real-time, dynamic access to the land surface information. It is suitable for monitoring changes in surface water bodies. The band-ratio based or simply called water indices methods combine two or more spectral bands using various algebraic operations to enhance the discrepancy between water bodies and land [9]. The principle underlies most WIs is similar to that of the normalized-difference vegetation index (NDVI). By analyzing the spectral response characteristics of the water body in the Landsat satellite images, McFeeters [10] proposed the normalized difference water index (NDWI) for land surface water and vegetation differentiation. Xu [11] suggested a modified normalized difference water index (MNDWI), based on the original NDWI, by changing the combination of bands in the index. This modified index has become the commonly used surface water body mapping method for Landsat images [12, 13, 14]. Feyisa, G.L. [15] proposed Automated Water Extraction Index (AWEI), which consistently improves water extraction accuracy in the presence of various sorts of environmental noise and at the same time offers a stable threshold value. The Remote Sensing which is carried out in the microwave region of electromagnetic spectrum is known as microwave remote sensing. SAR data consist of high-resolution reflected returns of radar-frequency energy from terrain that has been illuminated by a directed beam of pulses generated by the sensor [16]. The radar returns from the terrain are mainly determined by the physical characteristics of the surface features (such as surface roughness, geometric structure, and orientation), the electrical characteristics (dielectric constant, moisture content, and conductivity), and the radar frequency of the sensor. (Fig. 1.).

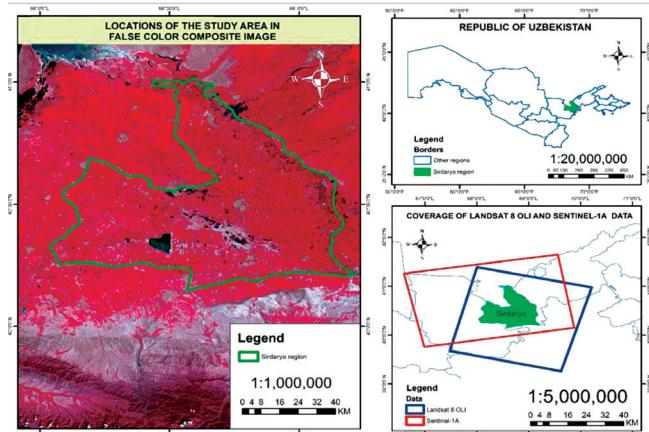
**Materials and methods.** Sirdaryo Region located in the coordinates 40°25' North latitudes and 68°40' East longitudes



### **Fig.1. Surface Parameters: Dielectric Constant**

in the center of the Uzbekistan, on the left bank of Sir Darya River with different water body types, climate conditions and land cover. (Fig. 2.).

The study area mainly includes part of Sirdaryo River basin and region itself. Sentinel-1A SAR data (C-Band (5.405 GHz),



**Fig. 2. Location of the Study Area**

Dual Polarization with repeatability 12 days) and Landsat 8 OLI (Spatial resolution 30-meter, repeatability 16 days) was used for extract water features. Landsat 8 OLI data on 23 August and Sentinel-1A SAR data was acquired on 26 August 2018.

## *Data analysis*

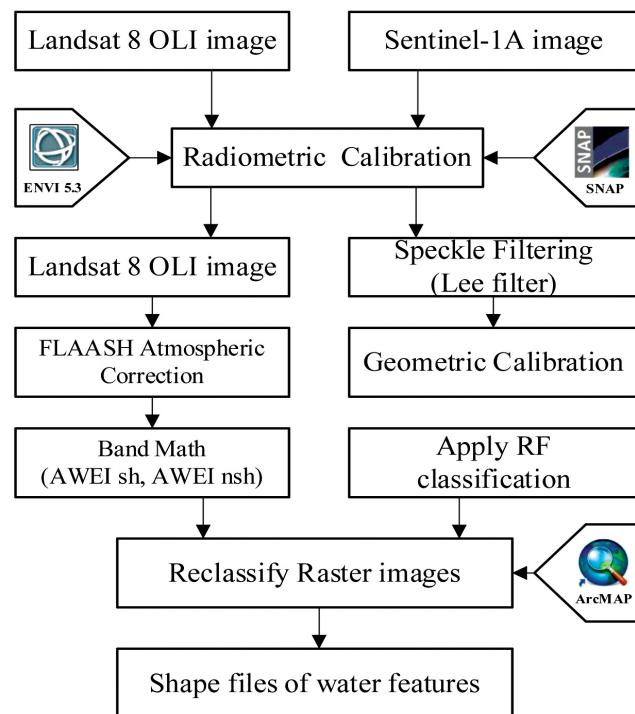
### *Optical data pre and post processing*

**Table 1**  
**Properties of data acquired for current work**

Landsat- 8 OLI	Sentinel -1A
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mission – Landsat -8 OLI with Operational Land Imager and the Thermal InfraRed Sensor (TIRS)</li> <li>2. Spatial resolution – 15 meters/30 meters/100 meters (panchromatic/multispectral/ thermal).</li> <li>3. Product type – Level 1C.</li> <li>4. Level of processing mode – L1.</li> <li>5. Bands – 11 spectral bands.</li> <li>6. Satellite image product specification- LC08_*</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mission - Sentinel 1A with Synthetic Aperture Radar (SAR) imaging instrument.</li> <li>2. Sensor acquisition mode - Interferometric wide swath mode (IW).</li> <li>3. Resolution type – High.</li> <li>4. Product type – Ground range detected high resolution images (GRDH).</li> <li>5. Level of processing mode – L1.</li> <li>6. Polarisation type - Standard Dual polarisation (SDV) = VV+VH.</li> <li>7. Spatial resolution – 10mts.</li> <li>8. Satellite image product specification- S1A_*</li> </ol>

The atmospheric correction was applied in order to remove or reduce the influence of the atmosphere. Reflectance calibration was applied by deriving the reflectance value from the DN and calculating the top of atmosphere reflectance (TOA) [17].

The WIs are designed to enhance the discrimination between water bodies and land; however, their formulation



*Fig. 3. Overall methodology flowchart of study*

makes them inherently sensitive to certain types of noise. The WIs used in this study given below in table (Table 2).

These differences make it possible to identify different earth surface features or materials by analyzing their spectral

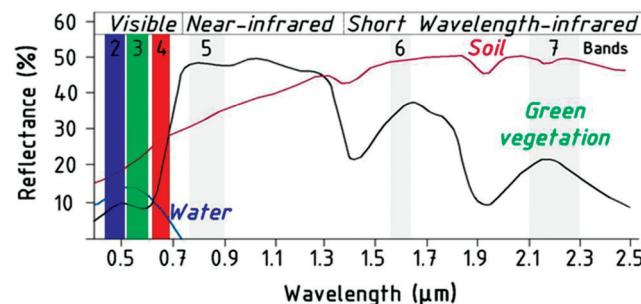
### **The water indices used in this study**

Index	Formula	Study Reference
AWEIsh	$\text{BLUE} + 2.5 \times \text{GREEN} - 1.5 \times (\text{NIR} + \text{SWIR1}) - 0.25 \times \text{SWIR2}$	(Feyisa et al. 2014)
AWEInsh	$4 \times (\text{GREEN} - \text{SWIR1}) - (0.25 \times \text{NIR} + 2.75 \times \text{SWIR2})$	

reflectance patterns or spectral signatures. These signatures can be visualized in so called spectral reflectance curves as a function of wavelengths. (Fig. 4.).

#### **Microwave data pre and post processing**

It's necessary to apply radiometric correction to Synthetic



**Fig.4. Spectral reflectance curves soil, water and green agriculture with Landsat 8 OLI bands**

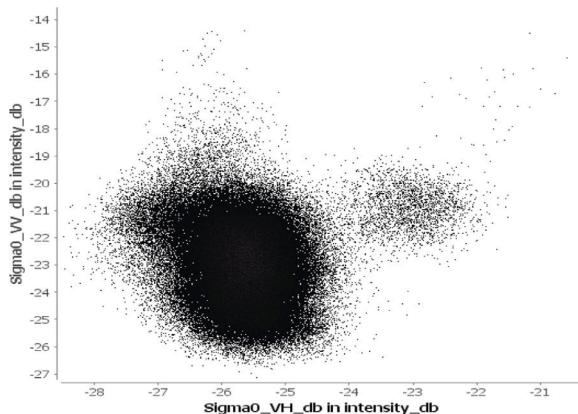
Aperture Radar (SAR) images so that the pixels values of the images truly represent the radar backscatter of the reflecting surface [18]. After geometric calibration was done to rectify image to terrain. Radar brightness values ( $\beta_0$ ) were obtained after preressing.

Water bodies on the radar image are in gray and black, because the smooth water surface produces low backscatter.

Therefore, brightness values of water bodies are generally low. The results of analyzing samples show that brightness values of water in the study area are less than -25. (Fig. 5). Random forest (RF) classifier method was applied for distinguish water and non-water bodies.

### Results and discussion

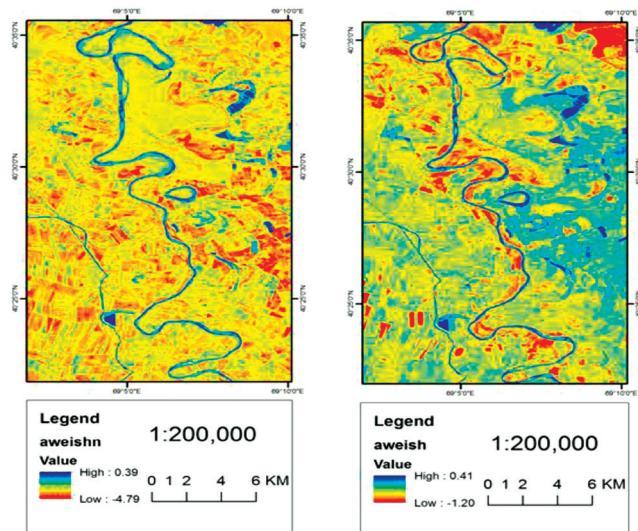
Objectives of this study were testing and mapping water



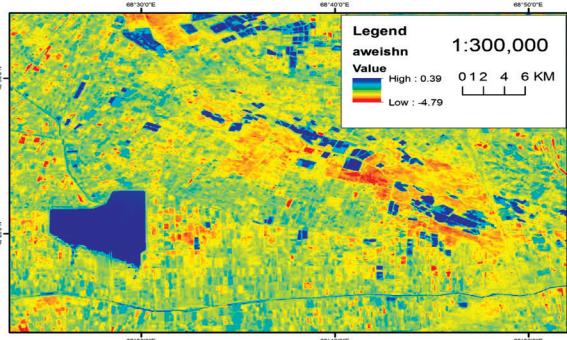
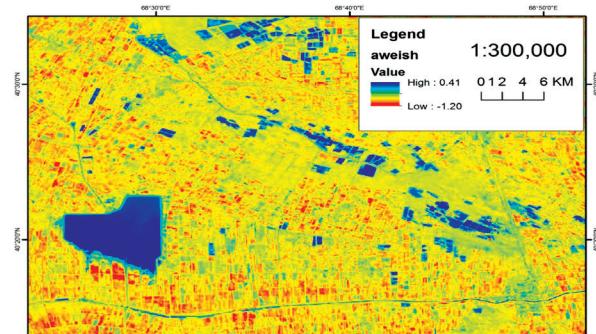
**Fig. 5. Scatter Plot of water features values in VH and VV polarization bands of Sentinel-1A data**

bodies from Landsat 8 OLI images. From the results we can show, that water indices are useful for mapping surface water bodies, and can represent needful information (Fig 6-7-8-9-10). We are calculated several water indices which, depends on them specify represent water bodies in area of investigation. Automated Water Extraction Index (AWEI) is more high accuracy from MNDWI, and method have stable threshold than another index. The pure water pixels exhibit large differences relative to the non-water types for all WIs. The AWEInsh is most likely to confuse mixed water pixels with mountain shadow pixels, followed by the MNDWI, AWEIsh and NDWI. For the NDWI, the mixed water pixels were more often confused with urban pixels than with shadow pixels. In addition, the NDWI and the two AWEIs had smaller ranges of values compared to the MNDWI for water pixels, whereas the AWEInsh exhibited the largest ranges of values for non-water pixels [19].

The brightness values of vegetation on the water on SAR imagery were much higher than those of water. So, they can be easily divided into non-water bodies by mistake. The radar is sensitive to the open water. By using SENTINEL-1A SAR



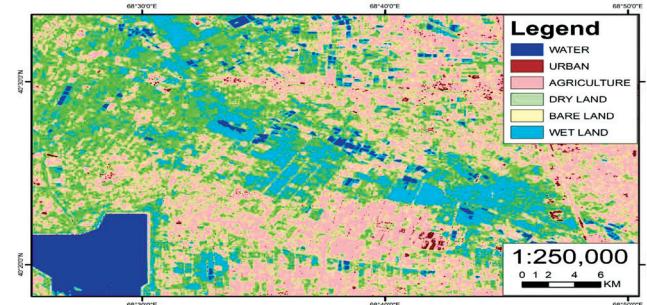
**Fig.6. Sirdaryo River delineated by using spectral indices-based methodology**



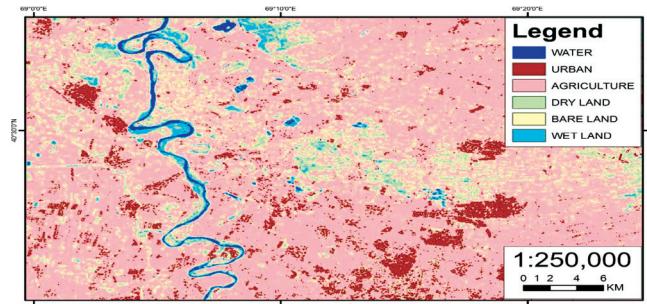
**Fig. 7. Water ponds and dam delineated by using spectral indices-based methodology**

images, open water information can extract effectively, even many small water bodies such as small ponds.

As a result, many of the small water bodies are omitted when using the Landsat 8 OLI images for the extraction of water information. In short, complementary information of SENTINEL-1A SAR images and Landsat 8 OLI images of can be used effectively to extract water information (Fig. 11). The open water areas and small water bodies can be extracted using SENTINEL-1A SAR images more effectively. The dams

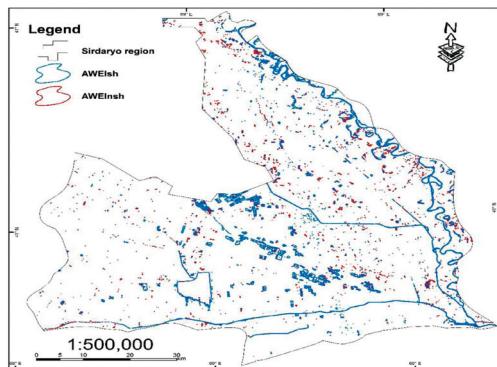


**Fig.8. Water ponds and dam delineated by using classification method from Sentinel-1A image**



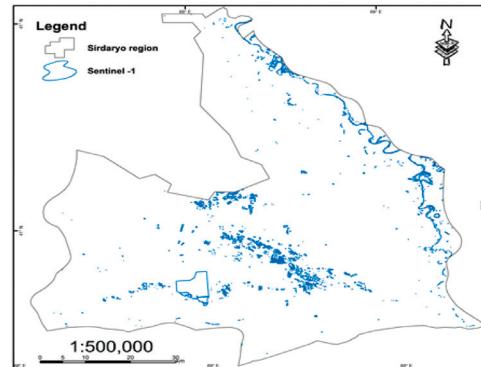
**Fig.9. Sirdaryo River delineated by using classification method from Sentinel-1A image**

and fences and other artificial construction in the shrimp ponds can be effectively separated from water for them high brightness values [17].



**Fig. 10. Water features extracted by using AWEIsh and AWEInsh method from Landsat 8 OLI data**

**Conclusion.** Surface water includes streams, canals, ponds, lakes and reservoirs. The amount and location of surface water change over time and space as a result of both natural processes and human practices and are, therefore, strong indicators of agricultural, environmental and ecological problems, as well as human socioeconomic development. Accurate mapping of surface water to describe its spatial and temporal distributions is essential for both academic research and policy-making. Optical remote sensing data, widely used for landcover and landuse classification, has limitations in terms of imaging conditions, and also there are class confusions, such as between urban and barren soil area.



**Fig. 11. Water features extracted by using supervised classification method from Sentinel-1A data**

Synthetic Aperture Radar (SAR) remote sensing imagery can be used in most weather conditions for landcover and landuse classifications, however it is harder to interpret visually owing to its unique mechanism. Random forest classifier used in this study for classification of Sentinel-1A dual-polarization imagery data. It was investigated that, area of water features extracted from Landsat 8 OLI data greater than Sentinel -1A SAR data, ( $AWEIsh$  and  $AWEInsh \approx 151.3$  and  $191.9$  sq.km,  $Sentinel-1 \approx 96.01$  sq.km respectfully). The results of this research indicate that the complementary information of these two different types of images can be used to detect the open water and small ponds effectively.

#### References

1. NRC, 2008. Integrating Multiscale Observations of U.S. Waters. National Academies Press, NW Washington, Pp. 8-11.
2. Xu, J.X., 2004. A study of anthropogenic seasonal rivers in China. *Catena* 55, Pp. 17–32.
3. Xia, J., Zhang, Y.Y., 2008. Water security in north China and countermeasure to climate change and human activity. *Phys. Chem. Earth* 33, Pp. 359–363.
4. Chen, X.Q., Cui, P., Li, Y., Yang, Z., Qi, Y.Q., 2007. Changes in glacial lakes and glaciers of post-1986 in the Poiqu River basin, Nyalam, Xizang (Tibet). *Geomorphology* 88, Pp. 298–311.
5. NRC, 1991. Opportunities in the Hydrologic Sciences. National Academy Press, NW Washington, Pp. 18-21.
6. Papa, F., Prigent, C., Rossow, W.B., Monitoring flood and discharge variations in the large Siberian rivers from a multi-satellite technique. Russia 2008. *Surv. Geophys.* 29, Pp. 297–317.
7. McFeeters, S.K., The use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. USA. 1996. *Int. J. Rem. Sens.* 17, Pp. 1425–1432.
8. Xu, H.Q., A study on information extraction of water body with the modified normalized difference water index (MNDW1). China. 2005. *J.Rem. Sens.* 9, Pp. 589–595.
9. Zhong, C.Q., Zeng, C.S., Liu, Z.Z., Study on terrestrial water information identified based on the analysis of spectral signature and ratio index. China 2008. *Geo-Inform. Sci.* 10, Pp. 663–669.
10. Li, B., Zhou, X.Z., Research on extraction method of river water-body in mountain area of western Sichuan based on MODIS data. *Geogr. Geo-Inform. China.* 2009. *Sci.* 25, Pp. 59–62.
11. Soti, V., Tran, A., Bailly, J., Puech, C., Seen, D.L., Bégué, Assessing optical earth observation systems for mapping and monitoring temporary ponds in arid areas. Northern Senegal. 2009. *Int. J. Appl. Earth Obs.* 11, Pp. 344–351.
12. Feyisa, G.L.; Meilby, H.; Fensholt, R.; Proud, S.R. Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sens. Environ.* Copenhagen. 2014, 140, Pp. 23–35.
13. Ji, L.; Zhang, L.; Wylie, B. Analysis of dynamic thresholds for the normalized difference water index. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* Beijing. 2009, 75, Pp. 1307–1317.
14. Yuqiang WANG, Renzong RUAN, Yuanjian SHE, Meichun YAN., Extraction of Water Information based on RADARSAT SAR and Landsat ETM+. *Procedia Environmental Sciences.* Hohai. 2011, 10, Pp. 2301 – 2306.
15. Gudina L. Feyisa, Simon R. Proud., Automated Water Extraction Index: A new technique for surface mapping using Landsat imagery, *Remote sensing of Environment*, Copenhagen 2014, Volume 140, Pp. 23-35.
16. Makhmudov, E., Rahimov, Sh., Chen, S. and Tzilili, A. Water Resources and Its Utilization in Uzbekistan. 2013. Pliograf Group Press, Tashkent, Uzbekistan, Pp. 51-57.
17. Rakhmatullaev, S., Frederic, H., Kazbekov, J., Helene, C.J., Mikael, M.H., Le Coustumer, P. and Jumanov, J. Groundwater Resources of Uzbekistan: An Environmental and Operational Overview. 2013, Pp. 22-26. <https://cgospace.cgiar.org/handle/10568/40382>
18. Saifulin, R., Russ, S., Fazylova, M., Fakhrutdinova, N. and Petrenko, Y. Management of Water Resources in Uzbekistan and Way of Raising Its Efficiency. Prepared for Central Asia Mission of United States. Agency for International Development. Institute for Strategic and Interregional Studies, (1998) Uzbekistan, Pp. 29-63. [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/Pnacf072.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnacf072.pdf)
19. Wang, B.C., Miao, F., Chen, J.H., Huang, H.H., Lai, D.J., Yan, M.X., The construction and application of normalized difference water index (NDWI) based on the ASTER image. China. 2008. *Sci. Surv. Mapp.* 33, Pp. 177–179.
20. Gordana Jovanovska Kaplan, U. A. (2017). "Object-based water body extraction model using Sentinel-2 satellite imagery". *European Journal of Remote Sensing. Turkey* 50(1), Pp. 28-34.

УЎТ: 556.18:004.6

## ИҚЛИМ ЎЗГАРИШИ ШАРОИТИДА СУГОРИЛАДИГАН МАЙДОНЛАРДА СИЗОТ СУВЛАРИНИНГ САТҲИ ВА МИНЕРАЛИЗАЦИЯСИНИ ВАҚТ ВА МАСОФАДА ЎЗГАРИШ ДИНАМИКАСИНИ АНИҚЛАШ ВА БАҲОЛАШ (СИРДАРЁ ВИЛОЯТИ МИСОЛИДА)

**С.З.Хасанов - асистент***Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш мұхандислари институти**С.А.Одилов - таянч докторант, Р.А. Кулматов - к/х.ф.д., профессор**Ўзбекистон Миллий университети***Аннотация**

Орол денгизи ҳавзаси мамлакатлари суғориладиган майдонларида сизот сувлари сатҳи кўтарилиши ва минерализациясининг ошиши натижасида шўрланиш жараёнлари кетмоқда. Бу ўз навбатида экин майдонларининг фойдаланишдан чиқишига ва экинлар ҳосилдорлигининг камайишига сабаб бўлмоқда. Ушбу ҳолат айниқса, Амударё ва Сирдарё дарёларининг кўйи оқимида жойлашган мамлакатлар: Ўзбекистон, жанубий Қозогистон ва Туркманистоннинг суғориладиган майдонларида кузатилмоқда. Тадқиқот ишлари Ўзбекистоннинг Сирдарё вилояти суғориладиган майдонларида 2000–2015 йиллар давомида анъанавий усууллар, 2016 ва 2019 йиллар оралиғида анъанавий ва ГАТ усуулларини кўллаб олиб борилган. Илк бор вилоятнинг туманлар кесимида сизот сувларининг сатҳи ва минераллашуви ўрганилган ва баҳоланган. Олинган натижалар ушбу кўрсаткичлар туманлар тупроқ шароитига, рельефига ва иқлим омилларига боғлиқлиги баҳоланган. Тадқиқот натижалари асосида вилоятнинг қишлоқ хўжалиги мутахассисларига, фермер хўжаликлари туманларнинг суғориладиган майдонларида сизот сувлари сатҳининг жойлашуви ва минераллашувини ўрганиш натижаларидан келиб чиқиб, юзага келган ҳолатни бартараф этиш учун қуидаги ишларни бажариш тавсия қилинган: суғориш сувларидан мақсадли ва тежамкорлик билан фойдаланиш; мавжуд дренаж тармоқларини ишчи ҳолатда бўлишини таъминлаш ва тўлиқ самарали ишлашини назорат қилиш.

**Таянч сўзлар:** сизот сувларининг сатҳи, сизот сувларининг минерализацияси, иқлим ўзгариши, ГАТ, статистик тахлил, Сирдарё вилояти.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО- ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ И МИНЕРАЛИЗАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА (НА ПРИМЕРЕ СЫРДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ)

**С.З.Хасанов - асистент***Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства**С.А.Одилов - докторант, Р.А.Кулматов - д/с.х.н., профессор**Национальный университет Узбекистана***Аннотация**

На орошаемых землях бассейна Аральского моря происходят процессы засоления в результате повышения уровня грунтовых вод и увеличения их минерализации. Это, в свою очередь, приводит к изъятию пашни и снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Особенно это касается орошаемых территорий нижнего течения рек Амударья и Сырдарья, расположенных в Узбекистане, Южном Казахстане и Туркменистане. Исследования велись на орошаемых территориях Сырдарьинской области Узбекистана с 2000 по 2015 год с использованием традиционных методов и методов ГИС за период с 2016 по 2019 год. Впервые изучены и оценены уровни и минерализация грунтовых вод в административных районах области. В результате эти показатели были оценены в зависимости от районов, почвенных условий, рельефа и климатических факторов. По результатам исследований специалистам сельского хозяйства и фермерским хозяйствам области в результате изучения расположения и минерализации грунтовых вод на орошаемых площадях региона рекомендовано принять следующие меры по улучшению ситуации: целевое и экономичное использование оросительной воды; обеспечить в рабочем состоянии существующие дренажные сети находятся и эффективную их работу.

**Ключевые слова:** уровень грунтовых вод, минерализация грунтовых вод, климатические изменения, ГИС, статистический анализ, Сырдарьинская область.

# DETERMINATION AND ASSESSMENT OF THE SPATIO-TEMPORAL CHANGING DYNAMICS IN THE GROUNDWATER LEVEL AND MINERALIZATION IN IRRIGATED AREAS UNDER CLIMATE CHANGE (AS AN EXAMPLE OF SYRDARYA PROVINCE)

S.Khasanov - assistant professor, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers  
 S.Adilov-doctoral student, R.Kulmatov - DSc, professor, National University of Uzbekistan

## Abstract

In the irrigated lands of the Aral Sea Basin, salinization processes are taking place as a result of rising groundwater levels and increasing its mineralization due to the unsustainable use of water and land resources. This, in turn, leads to the withdrawing of arable land and a decrease in crop yields. This is especially the case in the irrigated areas of the lower reaches of the Amudarya and Syrdarya rivers, located in Uzbekistan, southern Kazakhstan, and Turkmenistan. This research was aimed to learn and evaluate the long-term changing behavior of groundwater level and mineralization in the irrigated areas of the Syrdarya province of Uzbekistan from 2000 to 2015 by using traditional methods, and GIS-based methods for from 2016 to 2019. For the first time, the level and mineralization of groundwater in the administrative districts of the province were studied and assessed. As a result, the intra-dependence of the groundwater level and mineralization on soil conditions, relief, and climatic factors were estimated. Based on the results of the study, agricultural specialists and farmers of the province were highly recommended to take the following mitigation measures considering the actual condition of groundwater mineralization in the irrigated areas of the Syrdarya province: targeted and economical use of irrigation water; ensuring that existing drainage networks are in an adequate working condition and can operate with full-efficiency.

**Key words:** groundwater level, groundwater mineralization, climate change, GIS, statistical analysis, Syrdarya province.



**Кириш ва муаммонинг ҳозирги ҳолатининг таҳлили.** Орол денгизи ҳавзасида 1950 йилдан бошлиб сугориладиган ерлар майдони 3,5 млн/га. дан 8,0–8,5 млн/га. га кўпайди ва шу билан бирга минтақанинг иккисосий дарёлари бўлган Сирдарё ва Амударёдан илгари ишлатилмаган янги ерларни ўзлаштириш ва кенгайтириш ҳамда сугориш мақсадларида дарё сув ресурсларини ишлатишнинг кескин ортиши Орол денгизининг қуриши билан бирга, денгиз ҳавзасида мавжуд чучук сув ресурсларининг миқдор ва сифат кўрсаткичларининг пасайишига ва минтақанинг экогидрологик баланси бузилишига олиб келди [1, 2]. Ўзбекистонда сугориладиган ерлар 4312,2 минг гектарни ёки умумий ер майдонининг 9,7 физини ташкил этиб минтақа сув ресурсларининг қарийб 50 фоизи асосан қишлоқ хўжалигида (85–90%) ва бошқа турли мақсадларда ишлатилади. Минтақада сугориладиган ер майдонларидан экстенсив фойдаланиш, агротехника талабларига риоя қиласаслик оқибатида сизот сувлари сатҳи (СС) нинг кўтарилиши, минераллашуви ошишига ҳамда ерларнинг шўрланишига олиб келган. Бу ҳолатга сугориш мақсадларида керагидан ортиқ сув ресурсларидан фойдаланиш, мавжуд дренаж тизимларини ишлатишда етарли даражада техник хизмат кўрсатилмаганлиги ва тозалаш ишлари олиб борилмаганлиги сабаб бўлган [1, 2, 3]. Марказий Осиё давлатларида сизот сувлари (СС) нинг шаклланиши ер усти ва ер ости сув ресурсларининг миқдор ва сифатига узвий боғлиқидир [1, 4]. Лекин кўп ҳолларда арид ва ярим-арид минтақаларда жойлашган мамлакатларда ССни ўрганишда унинг минераллашув жараёнлари етарлича инобатга олинмаган. Шу сабабли ҳам жуда юқори даражада минераллашган СССнинг кўтарилиши ва уларнинг минераллашувининг ошиши сугориладиган қишлоқ хўжалиги ерларининг фойдаланишдан чиқиб кетишига ҳамда уларнинг хосилдорлиги пасайишига олиб келмоқда ва бу ҳолат кўп ҳолларда мутахассислар эътиборидан четда қолмоқда [5].

ССнинг минераллашув жараёнларини асосан худуднинг геологик шароитларини, гидравик градиентини ҳамда ССга сугориладиган ерлардан фойдаланиш орқали кўшиладиган сувларни бошқариб, назоратга олиш мумкин [6, 7]. СС минераллашуви (ССМ) ни баҳолашда СС таркибидағи кимёвий катион элементлар ( $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Ca}$  – мг/л), анион бирикмалари ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  ва  $\text{Br}^-$  – мг/л), электр ўтказувчанлиги (ЕС), ҳамда pH мухити эъти – борга олинади [7]. Шунинг учун ССМни чуқур таҳлил қилиб ўрганишда кенг миқёсда гидрогеологик ва гидрохимик тадқиқотларни мунтазам олиб бориши керак бўлади.

Кейинги йилларда масофадан зондлаш ва географик ахборот тизимлари (ГАТ) замонавий технологиялар сифатида геологик, гидрогеологик ва геоморфологик тадқиқотлар учун анъанавий илмий тадқиқотлар усувларида кўшимча равишда катта географик миқёсдаги маълумотларни қабул қилиш, қайта ишлаш, таҳлил қилиш ва баҳолашда самарали натижалар бермоқда [8].

Айниқса анъанавий усувлар ва ГАТ технологияларнинг интеграцияси ССни ўрганишда самарали восита эканлигини олиб борилган тадқиқотлар исботлаган [8, 9, 10, 11]. Масофадан зондлаш маълумотлари масофадан туриб аниқ фазовий маълумотлар олишни таъминлайди ва одатдагига қараганда ҳар тарафдан аниқ, тезкор ва унумдор гидрогеологик ва гидрохимик тадқиқотлар олиб боришини таъминлайди.

Рақамли такомиллаштириш сунъий йўлдошлардан олинган маълумотлар ССни ўрганиш учун аниқ ва фойдали бўлган максимал даражадаги илмий-амалий маълумот олишни таъминлайди. ГАТ технологиялари катта ҳажмдаги маълумотларнинг интеграцияси ва таҳлилини осонлаштиради, дала тадқиқотлари ўз навбатида ГАТ натижаларини асослашда ва аниқлигини текширишга ёрдам беради. Ушбу ёндашувлардан самарали фойдаланиш тўғри услубиятни танлаб ишлатандагина ўзининг ижобий самарасини беради [8, 12, 13, 14].

СССни тадқиқ қилишда ГАТ технологиялари қўлланилиб яхши натижалар олинмоқда ва ушбу натижалар СССни аниқ ўлчаш ва баҳолашда муҳим роль ўйнамоқда [15, 16]. ГАТ технологиялари ССМни ва суғориладиган майдонлар шўрланиши дараҷасини аниқлаш ва баҳолашда ҳам қўлланилмоқда. Жаҳоннинг ривожланган ва ривожланайтган мамалакатларида кўплаб олим ва мутахассислар ССМнинг айни вактдаги ҳолати билан суғориладиган майдонлар шўрланиши ўртасидаги боғлиқни ГАТ услублари (интерполяция, вегетация ва гидрологик индекслар) орқали чуқур ўрганишган [3, 10, 11, 13]. Натижада, ССМнинг иқлим ўзгариши таъсири натижасида суғориладиган ерларнинг шўрланиш жарабаёнини тезлаштириши асосан масофадан туриб тадқиқ қилинган ва кўзланган илмий натижага эришилган. Ушбу тадқиқотларда қўлланган ГАТ услубларини яна тақоран бошқа ўрганилган объектнинг геоморфологиясига ўхшаш ҳудудлар учун қўлланилса, кутилган натижани бериш имконияти юқорилиги таъкидлаб ўтилган.

Арид ва ярим арид иқлими Ўрта Осиё мамлакатларида СССни ва ССМни аниқлаш суғориладиган майдонларнинг мелиоратив ҳолатини ва шўрланиш сабабларини аниқлашда муҳим ҳисобланади. Ўзбекистон ҳудудида ер усти ҳамда ССМ аниқлаш ва баҳолаш мавзусида ҳозирги пайтда маҳаллий ва чет эл олимлари томонидан жуда кам илмий тадқиқот ишлари бажарилган. Ibrakhimov [17], Kulmatov [18], Kulmatov [3, 19, 20], Wahyuni [21], Чернишов ва Широкова [22] ҳамда Эшчанов [23] Навоий, Сирдарё, Жиззах ва Хоразм вилоятлари суғориладиган ерларида ССС ва ССМни баҳолашган ва турли омилларга нисбатан ўзгаришларининг таҳлил қилишган. Kulmatov [18], Kulmatov [3, 19, 20] ҳамда Чернишов ва Широкова [22], томонидан бажарилган ушбу тадқиқот ишларида ССМни баҳолашда асосан анъанавий усуллардан фойдаланиб, кўп йиллик маълумотлар асосида таҳлил қилиниб СССга, тупроқ шўрланиши ва мелиоратив ҳолати ҳамда иқлим омилларига ССМни ўзгариши қай тарзда таъсир ўтказганилиги аниқланган ва баҳоланганди. Бу илмий тадқиқотларнинг аниқлиги ва илмий асосланганлиги сабабли ижобий натижаларни берган. Ibrakhimov [17] ҳамда Эшчанов [23] юқоридаги тадқиқотлардан фарқли ўлароқ ССМни таҳлил қилиш ва баҳолашда ГАТ технологиялари ҳам қўллашган. Ушбу тадқиқотларда ССМнинг кенгликада тақсимланишини аниқлашда уч хил ГАТ усули қўлланилган: тескари ўлчаниб тортилган мусофа (Inverse Distance Weighting - IDW), кригинг (Kriging) ва Сплайн (Spline). Кригинг ва IDW усулларини ССС ва ССМни баҳолашда сплайн усули билан тақъосланган. Кригинг усули СССни аниқлашда, IDW усули эса ССМни аниқлашда яхши натижалар кўрсатган. Тадқиқот натижаларига кўра Сплайн усулиниң ҳатолиги юқори бўлиб, ССМни аниқлашда Ўзбекистон шароитида қўллаш мақсадга мувофиқ эмас ва унинг ўрнига IDW усулини қўллаш эса ССМни аниқлашда фойдаланиш мақсадга мувофиқ деб топилган.

Юқорида қайд килинган илмий тадқиқотлар натижалари таҳлилидан шуну кўриш мумкинки, ССМ бўйича кўп йиллик маълумотларни таҳлил қилишда кўпроқ анъанавий усуллардан фойдаланганлик ҳамда ГАТ технологияларини қўллаш орқали фақатгина кичик вақт оралиғида суғориш майдонларининг ССМга нисбатан ўзгариш динамикаси кўрилганлиги ва бу ўзгариш динамикаси бирламчи бўлган маълумотларга нисбатан қай дараҷада аниқлигини кўрсатувчи маълумотлар йўқлиги маълум бўлди.

Шуларни эътиборга олган ҳолда, ушбу мақоланинг асосий мақсади анъанавий тадқиқот усуслари ва ГАТ тех-

нологияларини уйғунлаштириб ССМнинг иқлим омиллари таъсирида кўп йиллик ўзгариш динамикасини Сирдарё вилояти суғориладиган ерлари мисолида аниқлаш ҳамда ГАТ технологиялари орқали олинган натижаларни аниқлигини текширишдан иборат.

**Тадқиқот объекти.** Сирдарё вилояти Ўзбекистоннинг қишлоқ хўжалиги асосий иқтисодий йўналиши бўлган ҳудудларидан бири бўлиб, Сирдарё дарёсининг чап қирғогида жойлашган. Сирдарё вилояти жуда юқори дараҷада тупроқ шўрланишига мойил бўлган ярим қурғоқчилик ҳудуддир. Вилоят Қозоғистон, Тоғикистон, Ўзбекистоннинг Тошкент ва Жиззах вилоятлари билан chegaradoш.

Сирдарё вилояти майдони 4,300 км<sup>2</sup> бўлиб, Мирзачўл чўли вилоятнинг катта қисмини эгаллади. Сирдарё вилояти тўқиз маъмурий туманларга бўлинган: Сирдарё, Сайхунобод, Гулистан, Боёвут, Ховос, Мирзаобод, Оқолтин ва Сардоба туманлариридир [24, 25].

Вилоятнинг иқлим шароити кескин континентал бўлиб, куруқ ва жазира маънанинг катта қисмини эгаллади. Сирдарё вилояти тўқиз маъмурий туманларга бўлинган: Сирдарё, Сайхунобод, Гулистан, Боёвут, Ховос, Мирзаобод, Оқолтин ва Сардоба туманлариридир [24, 25].

Ўзгидромет [26] маълумотларига кўра, 2009–2019 йиллар оралиғида Сирдарё метеорологик станциясида йиллик ўртacha ҳаво ҳарорати 14,8 °C, йиллик ўртacha ҳароратнинг энг юқори кўрсаткичи 2016 йилда 15.82 °C ва энг кичик кўрсаткичи эса 2014 йилда 13,72 °C ни, Оқолтин метеорологик станциясида ўртacha йиллик ҳарорат 15,43 °C, йиллик ўртacha ҳароратнинг энг юқори кўрсаткичи 2016-йилда 16,51 °C ва энг кичик кўрсаткичи эса 2014 йилда 14,2 °C ни, Янгиер метеорологик станциясида ўртacha йиллик ҳарорат 15,44 °C, йиллик ўртacha ҳароратнинг энг юқори кўрсаткичи 2016 йилда 16,57 °C ва энг кичик кўрсаткичи эса 2014 йилда 14,37 °C бўлганлиги кузатилган

Умуман олганда вилоятда 2016 йилда қолган йилларга нисбатан йиллик ўртacha ҳаво ҳароратининг юқори кўрсаткичлари, 2014 йилда эса ҳаво ҳароратининг паст кўрсаткичларни кузатилган. 2016-йилда қиши фаслида ҳавонинг илиқ кепиши ва ёз ойларидаги ҳаво ҳарорати юқори бўлган. 2014 йилда қиши ойлари совукроқ ва ёз ойларидаги ҳаво ҳарорати пастроқ кузатилган. Вилоятдаги ёғинлар миқдорининг катта миқдори қиши ва баҳор ойларига тўғри келади. Ёғингарчилик миқдорининг энг катта ва энг кичик кўрсаткичлари Янгиер метеорологик станциясида кузатилган бўлиб, энг катта миқдор 2018 йилда 447 мм, энг кичик миқдор эса 2014 йилда 236 мм. ни ташкил этган.

Тадқиқот йилларида энг серёғин йил 2012-йил ва энг камёғин йил 2014 йил кузатилган. Вилоят иқлимига кўпроқ эътибор қаратишимизнинг асосий сабаби, жойнинг гидрометеорологик маълумотлари ССС ва ССМга бевосита таъсир эътиувчи омиллардан саналади.

**Ечиш усули.** Сирдарё вилоятининг суғориладиган ерлари учун ССМни 2000 йилдан бўён мунтазам равишида Сув хўжалиги вазирлигига қарашли Қўйи Сирдарё ирригация тизимлари ҳавза бошқармаси ҳузуридаги Мелиоратив экспедицияси ҳамда Ер ресурслари, геодезия, картография ва давлат кадастр давлат қўмитаси томонидан таҳминан 1,500 га яқин кузатув қудуғидан мониторинг қилиниб, баҳоланиб келинади [27].

Суғориладиган экин майдонларида СССнинг жойлашувини доимий назорат қилиб бориш мақсадида йилнинг ҳар чорагида Қўйи Сирдарё ирригация тизимлари ҳавза бошқармаси ҳузуридаги Мелиоратив экспедицияси томонидан суғориладиган майдонларда СССнинг жойлашувин ўрганилиб, олинган маълумотлар юзасидан харита ту-

зилади. Харитада йилнинг бир чораги ҳолатида вилоятнинг суфориладиган экин майдонлари кесимида СССнинг жойлашуви белгиланиб, ундаги маълумотларни ўтган йилнинг мос давридаги ҳамда ўтган чорак маълумотлари билан таққослаш орқали айни вақтда ССС жойлашувининг майдонлар кесимида ўзгаришини аниқлаш мумкин бўлади. Шунингдек, харитадан олинган маълумотларни солишириш йўли билан вилоятнинг суфориладиган экин майдонларида СССнинг жойлашуви ўзгаришига қараб, ерларда мелиоратив вазиятлар ўзгариши салбий кўрсаткичларининг келиб чиқиш сабаблари ва уларнинг прогноз кўрсаткичлари ҳамда кўп йиллик ўзгаришлар амплитудасини аниқлаш мумкин. Харитани тузишда вилоятдаги мавжуд ССС ўрганиладиган барча турдаги назорат нуқтларидан бир вақтнинг ўзида олинган ўлчовлар асос қилиб олинади. Жумладан, Сирдарё вилояти суфориладиган экин майдонларида СССнинг жойлашувини 2016 йил 1 октябрь ҳолатида аниқлаш мақсадида куйидаги тадқиқот ишлари амалга оширилган: назорат учун вилоятдаги мавжуд жами 1,540 дона назорат қудуқларининг барчасида СССнинг жойлашуви ўлчовлари бажарилади.

Мониторинг ва баҳолаш жараёнлари йилнинг асосан баҳор (апрель) ва куз (октябрь) ойларида амалга оширилади. Тадқиқот ишлари учун 2000 йилдан то 2019 йилгача апрель ойи учун қайд этилган ва умуман таҳлил қилинмаган бирламчи маълумотлар тегиши ташкилотлардан олинди ва чуқур статистик кайта ишланиб бирламчи маълумот сифатида ишлатилди. Бирламчи маълумотлар асосан 2000–2015 йиллар учун таҳлил қилиниб, 2016–2019 йиллар маълумотлари эса ГАТ технологияларини кўлланган ҳолда топилган натижаларни текшириш, яъни илмий тасдиқлаш учун хизмат қилди [28].

Тадқиқотларда ССМнинг турли таснифланган (класификациялашган) қийматлари вилоятнинг суфориладиган ерлари бўйича тақсимланиши кўзланган бўлса, ССМнинг таснифланган қийматларини кўздан кечириш керак. ССМ кўп омилларга: тупроқ хоссалари, шўрланиш даражаси, суориш ва агротехникага, критик чукурликка, дренаж эфективлигига, экилган қишлоқ ҳўжалик экинлари турига боғлиқ. Шмидт [29] Ф.М. Раҳимбоев маълумотлари асосида Ўзбекистоннинг суфориладиган ерлари учун бутун вегетация даврида хлоридлар миқдори қишлоқ ҳўжалик экинлари ҳосилдорлигига (ўсишига) зарар қилмайдиган даражасини белгилаш учун ССМни куйидагича таснифланган (1-жадвал) [23].

Тадқиқот ишларида 2016–2019 йиллар давомида олинган 4 та масофадан зондланган космик суратлардан фойдаланилди. Космик суратларнинг манбаси “Landsat” ҳисобланиб (“Landsat” ҳақида кўшимча маълумот учун: <https://uz.eferrit.com/landsat/>), бирламчи маълумотларни

#### 1-жадвал

#### Ўзбекистоннинг суфориладиган ерлари учун белгиланган сизот сувлари минерализациясини хлоридларга нисбатан таснифлаш

Сизот сувлари минераллашуви, г/л	
TDC -шўрланишнинг умумий миқдори	Cl- ион
0–1	0.0–0.164
1–3	0.164–0.494
3–5	0.494–0.822
5–10	0.822–1.64
> 10	> 1.64

таҳлил қилиш учун “Earth Explorer” маълумотлар базасидан юклаб олинди [30]. Юкландган суратлар мос равишида 2016, 2017, 2018 ва 2019 йилларнинг апрель ойи учун бирламчи маълумотларга асосланиб олинган. Таҳлил қилинган фазовий суратлар дала амалиётiga чиқмасдан туриб Сирдарё вилоятининг суфориладиган ерларида мавжуд турли кўрсаткичга эга ССМни баҳолаш учун фойдаланилди. Юкландган суратлар “Erdas Imagine 2014” дастури орқали суратлар сифатини ошириш ва фильтрлаш учун “COST” моделидан фойдаланилди [4, 31]. Суратлар координациялашган бўлганлигига қарамай маҳаллий фазовий координатага аниқ тушиши учун қайта геометрик тузатишланди. “ArcGIS 10.6” дастури ёрдамида эса фазовий маълумотлардан Сирдарё вилояти суфориладиган майдонлари учун ССМнинг кенглик бўйича тарқалиши хариталари тескари ўлчаниб тортилган масофа, яъни Inverse Distance Weighting (IDW) интерполяция усулини кўллаб бирламчи маълумотларни киригтан ҳолда яратилди.

Тескари ўлчаниб тортилган масофа (IDW) усули танланишига сабаб, ушбу усул статистик моделлаштиришни ишлатувчи оддий математик алгоритмдан фойдаланади [2]. Бу усулда хатоликлар квадрат илдиз ости қиймати минималлаштириб олинган. Ibrakhimov [17] ва Эшчанов [23] илмий ишларига кўра ССМни хариталашда энг кичик хатоликлар IDW усулида аниқланган. Амалий жиҳатдан IDW хатоликлари бошқа интерполяция усулларидан унчалик фарқ қилмаганлиги ва маҳсус геостатистик билимларни талаб қилмаганлиги сабабли сув хўжалиги ташкилотлари томонидан кенг кўлланилади, натижаларига кўра IDW усули ССМнинг кенгликда тақсимланишини аниқлашда яхши натижа бериши исботланган. Олинган натижалар IDW усули етарлича маълумот бўлганда қониқарли натижалар беришини кўрсатган [17, 23]. IDW интерполяцияси ҳам 100 фоизлик натижани бермаслигини ҳисобга олган ҳолда, Woodcock ва Gopal [32] услугига асосланиб ССМни суфориладиган майдон бўйича тарқалиши хариталарини умумий аниқлик даражаси (ACCoverall) куйидаги формула орқали аниқланди:

$$AC_{overall} = \frac{D_{maps}}{D_{reference}} \cdot 100\%$$

бу ерда:  $D_{maps}$  – хариталардан олинган маълумотлар,  $D_{reference}$  – бирламчи маълумотлар.

ССМнинг кенглик бўйича тарқалиши хариталарини бирламчи маълумотларга таққослаб аниқлилик даражаси аниқлангандан сўнг, иқлим омиллари (кўп йиллик мавсумий ўртacha ҳаво ҳарорати ва кўп йиллик ёғингарчилик миқдори) қанчалик даражада кенглик бўйича тарқалиш динамикасига таъсир қилишини илмий аҳамиятта эга эканлигини исботлаш учун унинг статистик таҳлили – икки омилнинг ўзаро боғлиқлигини кўрсатувчи корреляцион таҳлили амалга оширилди. Бу статистик таҳлил очиқ ҳисобланган “R studio” дастури ёрдамида амалга оширилди. Кўп йиллик иқлим маълумотлари вилоятдаги маҳаллий метеостанциялар қайд қилган маълумотлар “Ўзгидромет” марказидан олинди [26].

**Натижалар таҳлили ва мисоллар.** Сирдарё вилояти сизот сувлари сатҳининг майдон бўйича ўзгариши динамикаси. Олинган маълумотларга кўра, назорат даврида вилоят ҳудудида ССС 0,0–1,0 метргача бўлган суфориладиган ер майдонлари кузатилмаган, ўтган йилнинг мос даврида ҳам шундай ҳолат қайд этилган.

Шунингдек, ССС 1,0–1,5 метргача бўлган майдонлар умумий суфориладиган ер майдонига нисбатан 0,67% (1864 га)ни, ўтган йилнинг шу даврида эса бу кўрсаткич 0,47% (1318 га)ни ва жорий йилнинг 1 июль ҳолатида

1,54% (4253 га)ни ташкил қилган. ССС 1,5–2,0 метргача бўлган майдонлар 12,52% (34461 га)ни, ўтган йилнинг шу даврида 11,47% (31553 га)ни ва жорий йилнинг 1 июль ҳолатида эса 14,42% (39664 га)ни ташкил қилган. Худди шундай, ССС 2,0–3,0 метргача бўлган майдонлар 76,88% (211462 га)ни, ўтган йилнинг шу даврида 79,68% (219230 га)ни ва жорий йилнинг 1 июль ҳолатида 73,72% (202770 га)ни ташкил қилган. ССС 3,0–5,0 метргача бўлган майдонлар эса 9,78% (26911 га)ни, ўтган йилнинг шу даврида 8,2% (22579 га)ни ва жорий йилнинг 1 июль ҳолатида 10,21% (28105 га)ни ташкил этган. Вилоятда ССС 5,0 метрдан юқори бўлган майдонлар жуда кам миқдорда бўлиб, 0,12% (349 га)ни, ўтган йилнинг шу даврида бундай майдонлар 0,15% (421 га)ни ташкил этган бўлса, жорий йилнинг 1 июль ҳолатида бундай майдонлар кузатилмаган.

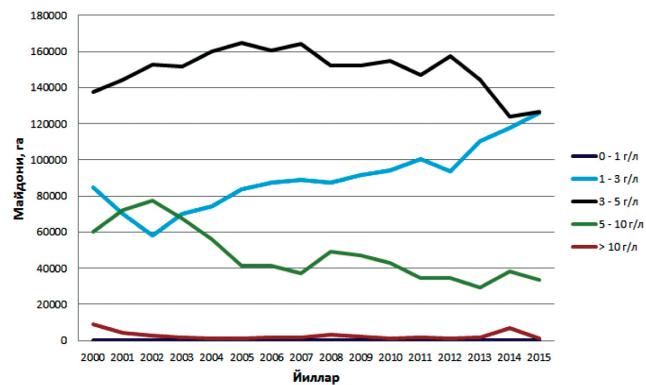
Тадқиқотлардан маълум бўлдики, 2015 йилнинг назорат даврида вилоят бўйича сугориладиган майдонлардаги СССнинг жойлашви 2014 йилнинг мос даврига нисбатан 3,454 гектар майдонда турли даражада кўтарилиган. Сугориладиган майдонларда СССнинг жойлашви 2015 йилнинг 1 октябрь ҳолатида вилоят туманлари кесимида қўйидагича бўлган: вилоят бўйича сугориладиган майдонларнинг СССнинг жойлашви 0,0–1,5 метргача бўлган майдонлар ўтган йилнинг шу даврига нисбатан 546 гектарга кўпайган. Туманлар кесимида бу кўрсаткич Сардоба туманида – 214, Оқолтин туманида – 159, Мирзаобод туманида – 63, Ховос туманида – 61 ва Боёвут туманида – 49 гектарни ташкил этди.

ССС 1,5–2,0 метргача жойлашган майдонлар вилоят бўйича таҳлил қилинганда ўтган йилнинг шу даврига нисбатан 2,908 гектарга кўпайганлиги аниқланди. Туманлар кесимида бу ҳолат қўйидагича: Сирдарё туманида – 794, Гулистан туманида – 601, Мирзаобод туманида – 435, Сайхунобод туманида – 411, Боёвут туманида – 394, Ховост туманида – 249 гектарга кўпайган бўлса, Оқолтин туманида – 119 ва Сардоба туманида – 15 гектарга камайганлиги кузатилган. ССС 2,0 метрдан 3,0 метргача чукурликда жойлашган майдонлар вилоят бўйича таҳлил қилинганда 2014 йилнинг шу даврига нисбатан 7768 гектарга камайган бўлиб, бу ҳолатни туманларда ерларни сугориш учун олинган сув миқдорига боғликлиги билан тушунтириш мумкин. Вилоят бўйича ССС 3,0–5,0 метргача чукурликда жойлашган майдонлар таҳлил қилинганда эса 2014 йилнинг шу даврига нисбатан 4332 гектарга кўпайганлиги аниқланган

*Сирдарё вилоятининг 2000–2015 йиллардаги сизот сувлари минераллашувига нисбатан ҳудуднинг ўзгариши динамикаси.*

Сирдарё вилоятининг сугориладиган майдонлари учун аниқланган ССС маълумотлари ушбу вилоятга қарашли бўлган ирригация тизимлари ҳавза бошқармасидан ҳар бир йил учун (апрель ойи) туманлар бўйича олинди. Якунида вилоятнинг барча туманларининг СССнинг майдонлар бўйича тақсимланишини йиллик маълумотлари йиғилиб умумий вилоят учун таҳлил қилинди ва натижалар график кўринишида 1-расмда келтирилган.

Тадқиқот йиллари мобайнинда вилоят сугориладиган майдонларини тахминан 40 фоизини асосан 3–5 г/л минераллашувга эга бўлган СС ташкил этган. ССС 1 – 3 г/л. га тенг бўлган ҳудудлар 2000 йилда тахминан 85000 га (20%)ни ташкил қилган бўлса, бу кўрсаткич 2015 йилда сезиларли даражада ўсиб, 125000 га (30%)га тенг бўлган ва ССС 3–5 г/л бўлган майдонларнинг қийматига деярли тенг бўлган (1-расм). ССС 1–3 г/л бўлган майдонлар кўрсаткичининг ўсиши юқори минераллашувга эга бўлган



**1-расм. Сирдарё вилояти ССС нинг ҳар бир таснифига тўғри келадиган сугориладиган майдоннинг йиллик ўзгариши динамикаси**

СС (5–10 г/л) майдонларнинг сезиларли, яъни ярим бара-варигача камайишига олиб келган, бу ҳолат яхши кўрсаткич ҳисобланади. 1-расмнинг пастки қисмида жойлашган жуда кучли минераллашувга эга бўлган (> 10 г/л) ва жуда кучиз минераллашувга (0–1 г/л) эга бўлган СС майдони 15 йил давомида деярли ўзгаришсиз қолган.

*Геоахборот тизимлари ёрдамида 2016–2019-йиллар учун аниқланган сизот сувлари минерализациясининг туманлар кесимида ўзгариши динамикаси.*

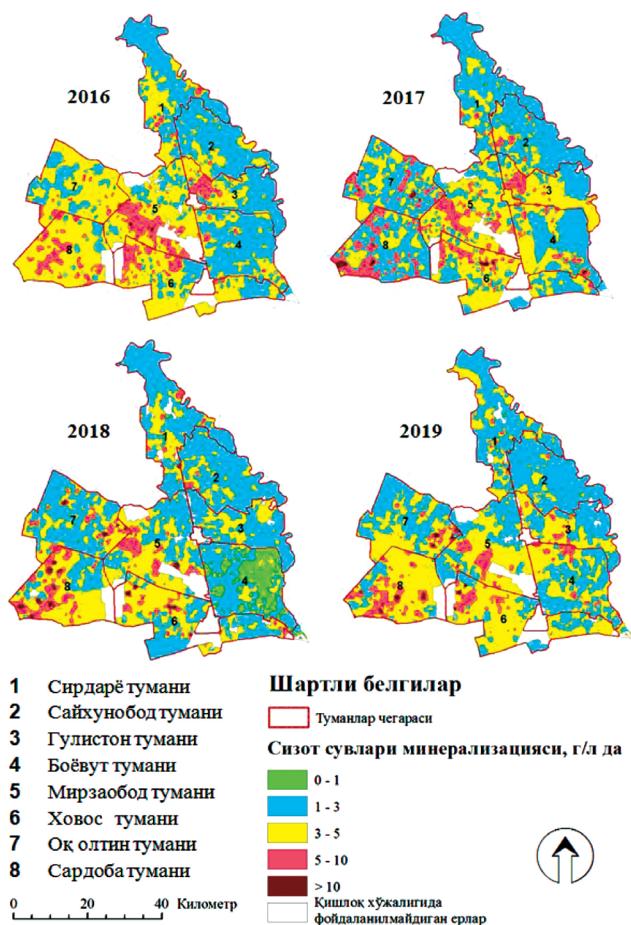
ГАТ ҳозирги кунда экологик мувозанатни баҳолашнинг энг замонавий усуllibаридан ҳисобланади [17]. ГАТнинг афзалликларини эътиборга олган ҳолда охириг 4 йиллик учун ССМнинг келтирилган класификациясига кўра туманларнинг вилоят бўйича тақсиланиши даражаси 2-расмда берилган. Kulmatov [3, 19, 20] Навоий ҳамда Бухоро ва бутун республика бўйича СС гидрологиясини ГАТ технологиялари ёрдамисиз анъанавий усуllibарда илмий тадқиқотлар олиб бориб самарали натижаларга эришган.

ГАТ технологияларининг афзалликлари ССМнинг Сирдарё вилояти сугориладиган ерлари бўйлаб тарқалишини бирламчи маълумотларга асосланиб етарли ва аниқ маълумотлар билан кўрсатиб беради.

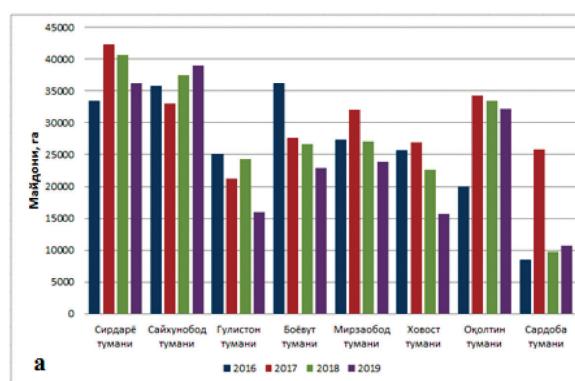
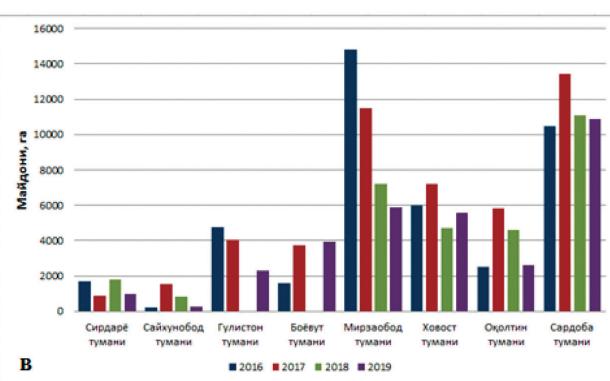
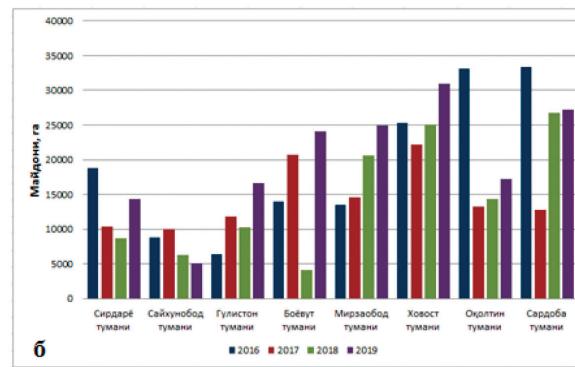
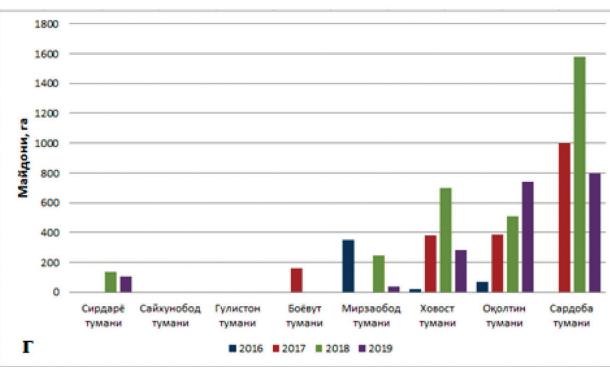
IDW интерполяцияси орқали яратилган 2-расм малумотларига кўра, фақат 2018 йилда ССМ 0–1 г/л бўлган ҳудудни тузилган харитадан бемалол кўз билан ажратиб олиш мумкин. Қолган йиллардаги эса 0–1 г/л минераллашувга эга бўлган сизот сувлари жойлашган туманлар жуда сезиларсиз кам қийматларга эга бўлганлиги сабабли харитада деярли кўринмаган. 2016–2019 йиллар мобайнинда ССМ 1–3 г/л бўлган ҳудудлар энг бошқа класификациядаги ССМ га нисбатан катта майдонларни ташкил қилган. Тадқиқот олиб борилган 4 йил давомида ССМ 1–3 г/л бўлган туманлар майдони сезиларсиз камайган.

ССМ 3–5 г/л ва 5–10 г/л га тенг бўлган майдонлар 2019 йилда 2016 йил билан солиширилганда нисбатан камайган. 10 г/л.дан юқори бўлган ССМ таъсир майдони 4 йил давомида нисбатан ўсан.

IDW орқали олинган натижаларнинг Woodcock ва Gopal [32] тақдим қилган услугга асосан аниқлилик даражаси текширилиб чиқилди. Бунда бирламчи маълумотнинг IDW орқали олган маълумотларига, яъни ССМнинг ҳар бир класификациясига тўғри келадиган бирламчи майдон қиймати бир-бири билан солиширилди. Солишириш натижасида IDW хариталари 84.1% ( $p = 0.000033$ ) аниқлини берди ва келгусида ССМни ГАТ орқали баҳолашда кенг фойдаланишга асос яратди. Бундай ўхшашликни Хоразм вилоятида олиб борилган тадқиқот натижалари мисолида ҳам кўриш мумкин [17, 23].



**2-расм. 2016–2019 йиллар бүйічә Сирдарё вилояті туманларыда қишлоқ хұжалигыда фойдаланадын майдонларининг сизот сувлари минерализациясы миқдөргіра күра тақсимланиши**

**а****В****б****Г**

**3-расм. Сирдарё вилояті туманлары бүйічә сизот сувлари минерализациясынинг классификацияларыга түғри келадын майдон, га**

Сирдарё вилояті бўйлаб ССМнинг ҳар бир классификацияси учун аниқланган майдонлар гектар бирлигиде туманлар бўйича гистограммалар кўринишидаги ҳисоблаб чиқилди (3-расм). ССМ 0–1 г/л оралиғида бўлган майдонлар миқдори фақат 2018 йилда максимумга эришган, бу нисбатан ёмон кўрсатгич ҳисобланади.

Бунда энг йирик миқдор Боёвут туманига түғри келиб, ССМ 0–1 г/л бўлган майдон 20272 га (туманнинг умумий суғориладиган майдонига нисбатан 40%)га эга бўлса, Гулистон ва Ховост туманларида мос равишда 626 (туманнинг умумий суғориладиган майдонига нисбатан 2%) ва 210 (туманнинг умумий суғориладиган майдонига нисбатан 0,5%)га майдонида минераллашув жуда паст бўлган СС мавжудлигини кўриш мумкин. Қолган йилларда эса бу кўрсаткич кам миқдорда бўлиб ҳариталарда аҳамиятини йўқотган. ССМ 1–3 г/л бўлган майдонларнинг 2016–2019 йиллар мобайнида тақсимланиши эса бирмунча динамик кўринишда бўлиб, 4 та туманда ўсиш ва 4 та туманда бир вақтнинг ўзида камайиш кузатилган. Сирдарё, Сайхунобод ва Сардоба туманларида ўсиш суръати паст бўлса, Оқолтин туманида жадаллик билан ўсган, яъни 2016 йилда 20000 гадан (туманнинг умумий суғориладиган майдонига нисбатан 38%) 2019 йилда 33000 га (туманнинг умумий суғориладиган майдонига нисбатан 62%) ни ташкил қилган. Гулистон, Боёвут ва Ховос туманларида эса ўтган 4 йил давомида ССМ 1–3 г/л бўлган ҳудудлар ўрта ҳисобда 10000 га (22%) га камайган. Бундан фарқли ўлароқ, ушбу кўрсаткич Мирзаобод туманида ҳам 5000 га (туманнинг умумий суғориладиган майдонига нисбатан 8%) га камайишини кўрсатган (За-расм).

ССМ ўртача 3–5 г/л бўлган суғориладиган майдонлар юқоридаги каби вилоят бўйича яна 4 та туманда кўпайган ва 4 та туманда эса қисқарган. ССМ кўпайган ҳудудлар асосан Гулистон, Боёвут, Мирзаобод ва Ховос туманларига түғри келиб, кўпайиш кўрсаткичи 4 йил учун ўрта ҳисобда 10000 га ни ташкил қилган. Вилоятнинг Сирдарё, Сайхунобод ва Сардоба туманларида 2016–2019 йиллар

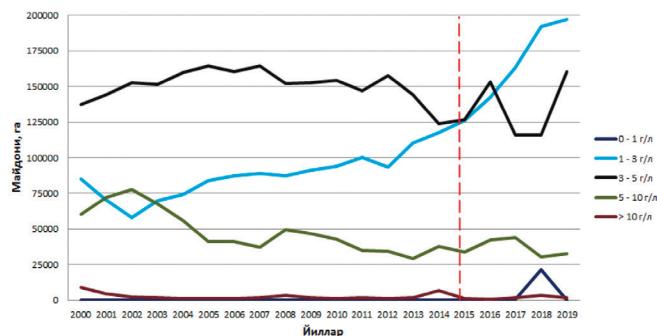
оралиғида ўртача минераллашуви 3–5 г/л бўлган сугориладиган майдонлар 5000 га майдонга камайган. Шунингдек таъкидлаш лозимки, 4 йил оралиғида энг юқори камайиш, яъни тахминан 33500 га (туманинг умумий сугориладиган майдонига нисбатан 63%) дан 17500 га (туманинг умумий сугориладиган майдонига нисбатан 33%) га Оқол-тин туманинга тўғри келган ва бу яхши кўрсаткич ҳисобланади (3б-расм).

Тадқиқот йиллари (2016–2019) оралиғида вилоятнинг кучли минераллашган СС жойлашган сугориладиган майдонларида 4 та туманда камайиш, 3 та туманда ўзгармаслик ҳолати ва 1 та туманда ўсиш ҳолати кузатилди. Бунда, Сирдарё, Гулистон ва Ховос туманларида ССМ камайиш даражаси паст бўлса, Мирзаобод туманида юқори даражада минераллашган СС жойлашган майдон 2016 йилда деярли 15000 га (туманнинг умумий сугориладиган майдонига нисбатан 23%) бўлган бўлса, 2019 йилга келиб умумий ҳисобда 6000 га (туманнинг умумий сугориладиган майдонига нисбатан 9%) га тушган. Сайхунобод, Оқолтин ва Сардоба туманларининг тегишли сугориладиган майдонлари 4 йиллик давр давомида ўзгариб туриб, 2019 йилда бошлангич майдон қийматига яқин бўлган майдон қийматини ташкил қилган. ССМ ўсиши фақатгина битта туманда Боёвут туманида кузатилган. ССМ 5–10 г/л бўлган майдонлар 2016-йилда тахминан 1800 га (туманнинг умумий сугориладиган майдонига нисбатан 4%) бўлган бўлса, 2019 йилда эса 4000 га (туманнинг умумий сугориладиган майдонига нисбатан 8%) ни ташкил қилган (Зв-расм), бу ҳолат яхши кўрсаткич ҳисобланмайди.

Тадқиқот йиллари мобайнида жуда кучли ССМ (> 10 г/л) га эга бўлган сугориладиган майдонлар 4 та туманда ўсиб, 4 та туманда деярли аниқланмаган. Сирдарё ва Ховос туманида ўртача қисман ўсиш ҳамда Оқолтин ва Сардоба туманларида сезиларли ўсиш ҳолатлари кузатилди. Ушбу икки ҳудудда жуда кучли ССМ ўсиш кўрсаткичи 4 йилда 700 га (туманнинг умумий сугориладиган майдонига нисбатан 1,3%) га яқин бўлган. Бу кўрсаткич ҳам яхши ҳисобланмайди ва тумандаги дренаж тизимининг қониқарсиз ишлашидан далолат беради. Сайхунобод, Гулистон, Боёвут ва Мирзаобод туманларида жуда кучли ССМга эга бўлган майдонлар қайд этилмаган (Зг-расм).

Олинган натижалар Сирдарё вилояти бўйича юқоридаги 1-расмга кўшимча равишда 2016–2019 йиллар учун графикда тасвирланди (4-расм). 4-расмдаги 2015 йилдан кейинги чегара (қизил чизик) гача ССМ 1–3 г/л ва 3–5 г/л бўлган чизиқлар туташган бўлса, давр якунида ССМ 1–3 г/л бўлган ҳудудлар жадаллик билан ўсида ва деярли 200000 га (вилоятнинг умумий суфориладиган майдонига нисбатан - 48%) ни ташкил қилди. Қолган ССМ классификациясига жавоб берувчи чизиқлар 4 йил давомида ўзгаришлар кузатилган бўлган бўлса ҳам бошланғич нуқтасига (2016 йил) деярли қайтди. Фақатгина жуда кам ССМ (0–1 г/л) бўлган ҳудудлар 2018 йилда тахминан 21000 га (5%) билан ўзининг юқори нуқтасига чиқиб, 2019 йилда яна жуда кам сезилмас кўрсаткичига қайтган.

Олиб борилган тадқиқотлар натижалари кутилган на-  
тижани берди, яъни 2016–2019 йиллар давомида олинган  
хариталардан ССМга кўра аниқланган туманлар ўзгариши  
динамикаси бирламчи маълумотларга солиштириб кўрил-  
ганда аниқлик даражаси 80 фоиздан юқорилигини кўрсат-  
ди. Бу ўз навбатида олинган натижалар илмий аҳамиятга  
эга эканлигини англатади. Тадқиқотлар (2000–2015 йил-  
лар учун анъанавий усулда 2016–2019 йиллар учун гео-  
ахборот тизимлари ёрдамида) натижаларини умумлашти-  
риб қўйидаги хуносага келиш мумкин.



*4-расм. Сирдарё вилоятида сизот сувлари минерализациясининг классификациясига асосан 2000–2015 йиллар учун анъанавий усулда ҳамда 2016–2019 йиллар учун геоахборот тизимлари ёрдамида аниқланган сугоршадиган майдонлар динамикаси, га*

Вилоятнинг суфориладиган майдонларида СССнинг жойлашувини ва минераллашувини анъанавий ва ГАТ тизимлари орқали ўрганиш натижалари маълумотларидан келиб чиқиб, юзага келган ҳолатни бартараф этиш учун қуидаги ишларни бажариш лозим: - суфориш учун ишлатилаётган сувлардан мақсадли, тежамкорлик билан фойдаланиш; - мавжуд дренаж тизимларини ишчи ҳолатда бўлишини таъминлаш ва ишлашини назорат қилиш; - мавжуд зовурларнинг техник ҳолатини ўрганиб чиқиб, қониқарсиз бўлган зовурларда тозалаш ишларини ўтказиш; - ГАТ технологияларининг юқоридаги натижаларига асосан, ушбу ҳудудда анъанавий усулларнинг натижалари бўлмасдан ГАТ услуги амалда кўлланилаётган пайтда чора тадбирларни ишлаб чиқишида мавжуд 16 фоизлик хатолигини инобатга олиш тавсия қилинади.

*Иқлим ўзгаришларининг сизот сувлари минераллашувига таъсири.* Ҳарорат ва ёғингарчиликнинг ўзгариши ердаги қор ва муз захираларига сезиларни таъсири кўрсатиши кутилмоқда. Ер юзидағи тоғ тизмалари иқлими иссиқ ва совуқ минтақаларда ҳамда ҳавонинг нисбий намлиги юқори ва қуруқ бўлган турли хил иқлим зоналарида жойлашган [33]. Шундай қилиб, ер юзидағи ҳар бир тоғли минтақага иқлим ўзгариши бир-бирига ўхшаш бўлмаган тарзда таъсири қиласди. Сув ресурсларига музликлар хиссаси Орол денгизи ҳавзаси каби жуда қуруқ ҳавзаларда жуда катта аҳамиятга эга [33]. Музликларнинг сув захираларига кўшадиган улуши Амударё ва Сирдарёнинг кўйилишида фарқ қиласди. Икки дарёнинг музлик худудининг даражаси сезиларни даражада фарқ қиласди (Амударё учун 2%, Сирдарё учун 0,15%) [34]. Бу икки дарё ҳавзасининг иқлим ўзгаришига турли хил жавоб қайтаришига олиб келиши мумкин. Иқлим ўзгаришининг Сирдарё дарё ҳавзаси муҳитининг гидрологияси ва сув хўжалигига таъсири мураккабdir. Ҳисоб-китобларга кўра, сўнгги 60 йил ичida Сирдарё дарё ҳавзасидаги музликлар умумий ҳажмининг 14 фоизини йўқотган ва келгуси 40 йил ичida уларнинг 15–40 фоизи йўқолади [33, 34]. Шу сабабли ҳам Сирдарё дарёси ҳавзасида жойлашган Сирдарё вилоятидаги ССдан мақсадли фойдаланиш орқали ер усти сувларини турли хўжаликларда тақчиллик даражасини камайтиришга эришилади. Бунда, ССС ва ССМ га иқлимининг таъсирини мунтазам кузатиб, мониторинг қилиш мухим аҳамият касб этади [3].

Тадқиқот натижаларини жамлаб, ССМ ўзгаришига ик-лим ўзгаришларининг таъсири қанчалик даражалигини корреляция коэффициентлари орқали кўриш мақсадида статистик таҳлил қилинди (2-жадвал). Иклем омиллари сифатида ўртача кўп йиллик (2000–2019 йиллар) мавсуз

мий ҳаво ҳарорати – қишки (декабрь, январь, февраль) ва ёзги (июнь, июль, август) ҳамда кўп йиллик мавсумий ёғингарчиликлар йигиндиси танлаб олинди. Чунки, ҳаво ҳарорати ортиши билан, умуман олиб қаралса, СС буғланниб уларнинг минераллашув кўрсаткичлари пропорционал равишда ортишини кузатиш мумкин [35, 36]. Бунга кўшимча равишда, ёғингарчилик миқдори ҳам ССМнинг ўзгаришига бевосита таъсирини ўтказади. Ёғингарчилик миқдори ортиши мобайнида сизот сувларига кўшилиб минераллашув миқдорини камайтиши мумкин [37]. Бу ўз навбатида маълум бир юқори минераллашган сугориладиган майдонларнинг қисқаришига олиб келади.

Шунга ўхшаш корреляцион таҳлиллар Kulmatov [3] томонидан Ўзбекистоннинг Навоий вилояти сугориладиган ерлари минераллашувига иқлим параметрларининг таъсирини кўриш мақсадида амалга оширилган. Ушбу тадқиқот ишида ҳам ўртача кўп йиллик ҳаво ҳарорати ва ёғингарчилик йигиндиси иқлим омиллари деб қаралган ва бундан ташкари яна кўплаб ташки глобал ва худудий омилларнинг ҳам корреляция коэффициентлари аниқланган. Ушбу тадқиқот якуни иқлим омилларининг ССМга кучсиз боғлиқлигини (< 20%) кўрсатган.

2-жадвалда келтирилган маълумотларга асосан, жуда кам минераллашган СС (0–1 г/л) аниқланган сугориладиган майдонларнинг ўзгариши ёғингарчилик миқдорига

## 2-жадвал

### *Иқлим омилларининг сизот сувлари минераллашви ўзгариши билан боғлиқлик даражасини кўрсатувчи корреляцион коэффициентлар қиймати*

Т/р	Маълумотлар	Сизот суви минерализацияси, г/л				
		0-1	1-3	3-5	5-10	> 10
1.	Ҳаво ҳарорати, °C (Ёзги)	0.309	0.068	0.032	0.493	0.236
2.	Ёғингарчилик, мм (Ёзги)	0.194	0.234	0.126	0.434	0.346
3.	Ҳаво ҳарорати, °C (Қишки)	0.018	0.214	0.096	0.401	0.354
4.	Ёғингарчилик, мм (Қишки)	0.112	0.128	0.029	0.286	0.454

кучсиз боғлиқ бўлса, ёзги ўртача ҳароратга паст даражада корреляцион боғлиқлигини (0,309) кўрсатди. ССМ 1–3 г/л бўлган сугориладиган майдонлар ёғингарчилик ва қишки ўртача ҳаво ҳароратига кучсиз боғланган ҳамда ёзги ўртача ҳаво ҳароратига деярли боғлиқ эмас. Минераллашуви ўрта бўлган (3–5 г/л) СС жойлашган сугориладиган майдонларнинг ўзгариши иқлим ўзгришлари билан боғлиқ эмаслигини кўрсатди. Кучли ва жуда кучли минераллашувга (5–10 г/л ва > 10 г/л.дан юқори) бўлган СС аниқланган сугориладиган майдонларнинг иқлим омилларига боғлиқлигининг ўзгариш динамикаси, бошқа турдаги ССМга қараганда анча сезиларли натижаларни кўрсатди. Бу ҳолатда бу икки турдаги ССМ худудлари сугориладиган майдонларининг ўзгариши юқоридаги барча иқлим омилларига ўзаро сезиларли боғлиқлигини кўрсатди. Корреляция натижаларига қараб хулоса қилиш мумкинки, иқлим ўзгаришларининг таъсири асосан юқори (5–10 г/л ва > 10 г/л.дан юқори) даражадаги минераллашган СС аниқланган худудларнинг сугориладиган майдонлари ўзгаришига сезиларли боғланган бўлган. Ҳаво ҳароратининг кўтарилиши буғланиш натижасида сугориладиган майдонлар ССМнинг мусбат томонга ўзгаришига олиб келса, ёғингарчиликни ортиши юқори даражада ССМ аниқланган майдонлардаги ер устки минералларни ёғингарчилик ўзи билан эритиб ССГа қўшиши оқибатида ушбу сугориладиган майдонлар миқдори нисбатан ортган деб қараш мумкин.

### Хулоса.

Олинган кўп йиллик тадқиқот натижалари асосида вилоят қишлоқ ҳўжалиги мутахассислари ва фермерлари учун куйидаги чораларни куриш тавсия килинади:

- тупроқ шароити ва ССС ҳамда ССМни мониторинг қилиш орқали сугориладиган майдонлардаги реал ҳолатни аниқлаш ва баҳолаш;
- сугориладиган майдонлар ҳолатини аниқлаш мақсадида ССС ва минераллашувини ҳар йили мониторинг қилиб туриш мақсадида анъанавий усуслар билан биргаликда ГАТ технологияларини кўллаш;
- нисбатан юқори ССС ва ССМни пасайтириш учун қуйидагилардан фойдаланиш: СССнинг кўтарилмаслиги учун, сувни тежовчи сугориш усусларидан фойдаланиш; вақти-вақти билан сугориладиган майдонларни текислаб туриш, коллектор зовурлар тизимларини тозалаб туриш лозим ва ҳ.к.

№	Адабиётлар	References
1	Dukhovny V. A., de Schutter J. Water in Central Asia: past, present, future //CRC press, 2011. – New York, The USA. 176 p.	Dukhovny V. A., de Schutter J. Water in Central Asia: past, present, future //CRC press, 2011. – New York, The USA. 176 p.
2	Соколов В.И. Водное хозяйство Узбекистана – настоящие, прошлое, будущее. – Ташкент, 2015. т. 1. – 16 с.	Sokolov V.I. <i>Vodnoe khozyaystvo Uzbekistana – nastoyashchie, proshloe, budushchee</i> [Water resources in Uzbekistan: past, present, future] //Tashkent, 2015. vol. 1. 16 p. (in Russian)
3	Kulmatov R., Groll, M., Rasulov, A., Soliev, I., Romic, M. Status quo and present challenges of the sustainable use and management of water and land resources in Central Asian irrigation zones-The example of the Navoi region (Uzbekistan) //Quaternary international, 2018. vol. 464. Pp. 396-410.	Kulmatov R., Groll, M., Rasulov, A., Soliev, I., Romic, M. Status quo and present challenges of the sustainable use and management of water and land resources in Central Asian irrigation zones-The example of the Navoi region (Uzbekistan) //Quaternary international, 2018. vol. 464. Pp. 396-410.
4	Country Report: for Workshop on Eco Efficient Water Infrastructure /Juraev, I. // Ministry of Agriculture and Water Resources, Republic of Uzbekistan. Tashkent – 2008.	Country Report: for Workshop on Eco Efficient Water Infrastructure Juraev, I. // Ministry of Agriculture and Water Resources, Republic of Uzbekistan. Tashkent – 2008.
5	Choudhury K., Saha D. K., Chakraborty P. Geophysical study for saline water intrusion in a coastal alluvial terrain //Journal of applied geophysics, 2001. vol. 46, №. 3. Pp. 189-200.	Choudhury K., Saha D. K., Chakraborty P. Geophysical study for saline water intrusion in a coastal alluvial terrain //Journal of applied geophysics, 2001. vol. 46, № 3. Pp. 189-200.

6	Fadili A., Mehdi, K., Riss, J., Najib, S., Makan, A., Boutayab, K. Evaluation of groundwater mineralization processes and seawater intrusion extension in the coastal aquifer of Oualidia, Morocco: hydrochemical and geophysical approach //Arabian Journal of Geosciences, 2015. vol. 8, №.10. Pp. 8567-8582.	Fadili A., Mehdi, K., Riss, J., Najib, S., Makan, A., Boutayab, K. Evaluation of groundwater mineralization processes and seawater intrusion extension in the coastal aquifer of Oualidia, Morocco: hydrochemical and geophysical approach //Arabian Journal of Geosciences, 2015. vol. 8, №.10. Pp. 8567-8582.
7	Morgan L. K., Werner A. D. Seawater intrusion vulnerability indicators for freshwater lenses in strip islands //Journal of Hydrology, 2014. vol. 508. Pp. 322-327.	Morgan L. K., Werner A. D. Seawater intrusion vulnerability indicators for freshwater lenses in strip islands //Journal of Hydrology, 2014. vol. 508. Pp. 322-327.
8	Solomon S., Quiel F. Groundwater study using remote sensing and geographic information systems (GIS) in the central highlands of Eritrea //Hydrogeology Journal, 2006. vol. 14, №. 6. Pp. 1029-1041.	Solomon S., Quiel F. Groundwater study using remote sensing and geographic information systems (GIS) in the central highlands of Eritrea //Hydrogeology Journal, 2006. vol. 14, №. 6. Pp. 1029-1041.
9	Krishnamurthy J., Venkatesa Kumar, N., Jayaraman, V., Manivel, M. An approach to demarcate ground water potential zones through remote sensing and a geographical information system //International journal of Remote sensing, 1996. vol. 17, №. 10. Pp. 1867-1884.	Krishnamurthy J., Venkatesa Kumar, N., Jayaraman, V., Manivel, M. An approach to demarcate ground water potential zones through remote sensing and a geographical information system //International journal of Remote sensing, 1996. vol. 17, №. 10. Pp. 1867-1884.
10	Sander P. Remote sensing and GIS for groundwater assessment in hard rocks: Applications to water well siting in Ghana and Botswana //PhD, Chalmers University of Technology, Sweden, Publ. A. 1996. 80 p.	Sander P. Remote sensing and GIS for groundwater assessment in hard rocks: Applications to water well siting in Ghana and Botswana //PhD, Chalmers University of Technology, Sweden, Publ. A. 1996. 80 p.
11	Saraf A. K., Choudhury P. R. Integrated remote sensing and GIS for groundwater exploration and identification of artificial recharge sites //International journal of Remote sensing, 1998. vol. 19, №. 10. Pp. 1825-1841.	Saraf A. K., Choudhury P. R. Integrated remote sensing and GIS for groundwater exploration and identification of artificial recharge sites //International journal of Remote sensing, 1998. vol. 19, №. 10. Pp. 1825-1841.
12	Narany T. S., Ramli, M. F., Aris, A. Z., Sulaiman, W. N. A., Fakharian, K. Groundwater irrigation quality mapping using geostatistical techniques in Amol-Babol Plain, Iran //Arabian Journal of Geosciences, 2015. vol. 8, №.2. Pp. 961-976.	Narany T. S., Ramli, M. F., Aris, A. Z., Sulaiman, W. N. A., Fakharian, K. Groundwater irrigation quality mapping using geostatistical techniques in Amol-Babol Plain, Iran //Arabian Journal of Geosciences, 2015. vol. 8, №.2. Pp. 961-976.
13	Solomon S., Quiel F. Integration of remote sensing and GIS for groundwater assessment in Eritrea //Proc of the European Association of Remote Sensing Laboratories Conf., Herrsching, 2003. Pp. 633-640.	Solomon S., Quiel F. Integration of remote sensing and GIS for groundwater assessment in Eritrea //Proc of the European Association of Remote Sensing Laboratories Conf., Herrsching, 2003. Pp. 633-640.
14	Vargas R., Pankova E. I., Balyuk S. A., Krasilnikov P. V., Khasankhanova G. M. Handbook for saline soil management. – FAO/LMSU, 2018. 231 p.	Vargas R., Pankova, E. I., Balyuk, S. A., Krasilnikov, P. V., Khasankhanova, G. M. Handbook for saline soil management. – FAO/LMSU, 2018. 231 p.
15	Nayak T. R., Gupta S. K., Galkate R. GIS based mapping of groundwater fluctuations in Bina basin //Aquatic Procedia, 2015. vol. 4. Pp. 1469-1476.	Nayak T. R., Gupta S. K., Galkate R. GIS based mapping of groundwater fluctuations in Bina basin //Aquatic Procedia, 2015. vol. 4. Pp. 1469-1476.
16	Sadat-Noori S. M., Ebrahimi K., Liaghat A. M. Groundwater quality assessment using the Water Quality Index and GIS in Saveh-Nobaran aquifer, Iran //Environmental Earth Sciences, 2014. vol. 71, №. 9. Pp. 3827-3843.	Sadat-Noori S. M., Ebrahimi K., Liaghat A. M. Groundwater quality assessment using the Water Quality Index and GIS in Saveh-Nobaran aquifer, Iran //Environmental Earth Sciences, 2014. vol. 71, №. 9. Pp. 3827-3843.
17	Ibrakhimov M. Spatial and temporal dynamics of groundwater table and salinity in Khorezm (Aral Sea Basin), Uzbekistan. Cuvillier, 2004. 186 p.	Ibrakhimov M. Spatial and temporal dynamics of groundwater table and salinity in Khorezm (Aral Sea Basin), Uzbekistan. Cuvillier, 2004. 186 p.
18	Kulmatov R. Problems of sustainable use and management of water and land resources in Uzbekistan //Journal of Water Resource and Protection, 2014. vol. 2014. 16 p.	Kulmatov R. Problems of sustainable use and management of water and land resources in Uzbekistan //Journal of Water Resource and Protection, 2014. vol. 2014. 16 p.
19	Kulmatov R., Mirzaev, J., Abuduwaili, J., Karimov, B. Challenges for the sustainable use of water and land resources under a changing climate and increasing salinization in the Jizzakh irrigation zone of Uzbekistan //Journal of Arid Land, 2020. vol. 12. Pp. 90-103.	Kulmatov R., Mirzaev, J., Abuduwaili, J., Karimov, B. Challenges for the sustainable use of water and land resources under a changing climate and increasing salinization in the Jizzakh irrigation zone of Uzbekistan //Journal of Arid Land, 2020. vol. 12. Pp. 90-103.
20	Kulmatov R., Opp, C., Groll, M., Kulmatova, D. Assessment of water quality of the trans-boundary Zarafshan River in the territory of Uzbekistan //Journal of Water Resource and Protection, 2013. vol. 5, №.1. 10 p.	Kulmatov R., Opp, C., Groll, M., Kulmatova, D. Assessment of water quality of the trans-boundary Zarafshan River in the territory of Uzbekistan //Journal of Water Resource and Protection, 2013. vol. 5, №.1. 10 p.
21	Wahyuni S., Oishi S., Sunada K., Ne G. Analysis of water-level fluctuations in Aydarkul-Arnasay-Tuzkan lake system and its impacts on the surrounding groundwater level //Annu J Hydraul Eng, 2009. vol. 53. Pp. 37-42.	Wahyuni S., Oishi, S., Sunada, K., Ne, G. Analysis of water-level fluctuations in Aydarkul-Arnasay-Tuzkan lake system and its impacts on the surrounding groundwater level //Annu J Hydraul Eng, 2009. vol. 53. Pp. 37-42.
22	Чернишов А.К., Широкова Ю. И. Специальный метод почвы и водной оценки солености в Узбекистане //Ж.: Сельское хозяйство Узбекистана. – Ташкент, - 1999, № 5.	Chemishov A.K., Shirokova YU. I. Spetsial'nyy metod pochvy i vodnoy otsenki solenosti v Uzbekistane [Special method of soil and water salinity assessment in Uzbekistan]. Agriculture of Uzbekistan, Tashkent. 1999. No5. (in Russian)

23	Эшчанов Р. Ер ва сув ресурсларидан барқарор фойдаланишнинг агроэкологик асослари (Хоразм вилояти мисолида). Биология фанлари доктори илмий даражасини олиш учун ёзилган диссертация. – Хоразм: Ал-Хоразмий номидаги Урганч давлат университети, 2008. 329 б.	Eshchanov R. <i>Er va suv resurslaridan barkaror foydalanishning agroekologik asoslari (Khorazm viloyati misolida)</i> [Agro-ecological principles of sustainable land and water use: in the case of Khorezm province] //D.Sc. dissertation on Biological sciences. Khorezm: Urgench State University named after Al-Khorezmi, 2008. 329 p. (in Uzbek)
24	Ivushkin K., Bartholomeus, H., Bregt, A. K., Pulatov, A. Satellite thermography for soil salinity assessment of cropped areas in Uzbekistan //Land Degradation & Development, 2017. vol. 28, №. 3. Pp. 870-877.	Ivushkin K., Bartholomeus, H., Bregt, A. K., Pulatov, A. Satellite thermography for soil salinity assessment of cropped areas in Uzbekistan //Land Degradation & Development, 2017. vol. 28, No3. Pp. 870-877.
25	Ширкат ва фермер хўжаликлари ҳақида статистик маълумотлар //Ўзбекистон Республикаси Давлат Статистика Кўмитаси. – Тошкент, 2020.	Shirkat va fermer khuzhaliklari khakida statistik ma'lumotlar [Up-to-the-minute statistical report on the existing agricultural associations and farms] //State Committee on Statistics of the Republic of Uzbekistan, Tashkent 2020. (in Uzbek)
26	Сирдарё вилояти учун кўп йиллик маълумотлари //Ўзбекистон Республикаси Гидрометеорология Хизмати Маркази. – Тошкент. – 2020.	Sirdaryo viloyati uchun kup yillik ma'lumotlari [Long-term climatic data] //Center of Hydrometeorological Service of the Republic of Uzbekistan, Tashkent 2020. (in Uzbek)
27	Йиллик миллий ҳисоботи // Ўзбекистон Республикаси Ер ресурслари, геодезия, картография ва давлат кадастри давлат кўмитаси. – Тошкент: Ўзбекистон, 2018	Yillik milliy khisoboti [Annual National report on land resources] //State Committee for Land Resources, Geodesy, Cartography, and State Cadasters of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan. 2018. (in Uzbek)
28	Сирдарё вилояти сизот сувлари сатҳи минерализацияси апрель ойлари учун кўп йиллик мониторинги натижалари //Кўйи Сирдарё ирригация тизимлари ҳавза бошқармаси. Гулистан, 2020.	Sirdaryo viloyati sizot suvlari satkhi mineralizatsiyasi [Long-term monitoring results of groundwater depth and mineralization in Syrdarya province] //Lower Syrdarya Basin Administration of Irrigation System, Guliston. 2020. (in Uzbek)
29	Шмидт С. М. Оценка улучшающих условий орошаемых земель в Узбекистане. САНИИРИ научное сообщение, – Ташкент: Узбекистан, 1985.	Shmidt S. M. Otsenka uluchshayushchikh usloviy oroshaemykh zemel' v Uzbekistane [Assessment of improving conditions for arable land in Uzbekistan]. Scientific report of Central Asian Scientific Research Institute of Irrigation, Tashkent, Uzbekistan. 1985 (in Russian)
30	Арифжанов А. М., Самiev Л. Н., Акмалов Ш. Б., Атакулов Д. Е., Юрик Л. Landsat OLI нинг SWIR ва NIR тасвирлари орқали ирригация тизимларининг ўзанини геоахборот тизимлари орқали ўрганиш //Irrigatsiya va melioratsiya журнали. – Тошкент, 2019. – №15. – Б. 43-47.	Arifzhanov A. M., Samiev L. N., Akmalov SH. B., Atakulov D. E., Yurik L. <i>Landsat OLI ning SWIR va NIR tasvirlari orkali irrigatsiya tizimlarining uzanini geoakhborot tizimlari orkali urganish</i> [Geoinformation systems for the study of rods irrigation systems using SWIR and NIR Landsat OLI images] Journal of Irrigatsiya va Melioratsiya, Tashkent 2019. No 15. Pp. 43-47. (in Uzbek)
31	Wu J., Wang D., Bauer M. E. Image-based atmospheric correction of QuickBird imagery of Minnesota cropland //Remote Sensing of Environment, 2005. vol. 99, №. 3. Pp. 315-325.	Wu J., Wang D., Bauer M. E. Image-based atmospheric correction of QuickBird imagery of Minnesota cropland //Remote Sensing of Environment, 2005. vol. 99, №. 3. Pp. 315-325.
32	Woodcock C. E., Gopal S. Fuzzy set theory and thematic maps: accuracy assessment and area estimation // International Journal of Geographical Information Science, 2000. vol. 14, №. 2. Pp. 153-172.	Woodcock C. E., Gopal S. Fuzzy set theory and thematic maps: accuracy assessment and area estimation //International Journal of Geographical Information Science, 2000. vol. 14, No. 2. Pp. 153-172.
33	Immerzeel W. W., Lutz A. F., Droogers P. Climate change impacts on the upstream water resources of the Amu and Syr Darya River basins //Report FutureWater: 107, Wageningen, The Netherlands. 2012	Immerzeel W. W., Lutz A. F., Droogers P. Climate change impacts on the upstream water resources of the Amu and Syr Darya River basins // Report FutureWater: 107, Wageningen, The Netherlands. 2012
34	Siegfried T., Bernauer T., Guiennet R., Sellars S., Robertson A. W., Mankin J. Will climate change exacerbate water stress in Central Asia? //Climatic Change. 2012. vol. 112, №. 3-4. Pp. 881-899.	Siegfried T., Bernauer T., Guiennet R., Sellars S., Robertson A. W., Mankin J. Will climate change exacerbate water stress in Central Asia? // Climatic Change. – 2012. vol. 112, No3-4. Pp. 881-899.
35	Moussa A. B., Zouari K., Oueslati N. Geochemical study of groundwater mineralization in the Grombalia shallow aquifer, north-eastern Tunisia: implication of irrigation and industrial waste water accounting //Environmental geology, 2009. vol. 58, №. 3. Pp. 555-566.	Moussa A. B., Zouari K., Oueslati N. Geochemical study of groundwater mineralization in the Grombalia shallow aquifer, north-eastern Tunisia: implication of irrigation and industrial waste water accounting // Environmental geology, 2009. vol. 58, No3. Pp. 555-566.
36	Santoni S., Huneau, F., Garel, E., Aquilina, L., Vergnaud-Ayraud, V., Labasque, T., Celle-Jeanton, H. Strontium isotopes as tracers of water-rocks interactions, mixing processes and residence time indicator of groundwater within the granite-carbonate coastal aquifer of Bonifacio (Corsica, France) //Science of the Total Environment, 2016. vol. 573. Pp. 233-246.	Santoni S., Huneau, F., Garel, E., Aquilina, L., Vergnaud-Ayraud, V., Labasque, T., Celle-Jeanton, H. Strontium isotopes as tracers of water-rocks interactions, mixing processes and residence time indicator of groundwater within the granite-carbonate coastal aquifer of Bonifacio (Corsica, France) //Science of the Total Environment, 2016. vol. 573. Pp. 233-246.
37	Verhagen B. T. Semiarid zone groundwater mineralization processes as revealed by environmental isotope studies //IAHS Publications-Series of Proceedings and Reports-Intern Assoc Hydrological Sciences, 1995. vol. 232. Pp. 245-266.	Verhagen B. T. Semiarid zone groundwater mineralization processes as revealed by environmental isotope studies //IAHS Publications-Series of Proceedings and Reports-Intern Assoc Hydrological Sciences, 1995. vol. 232. Pp. 245-266.

УЎТ: 626.83.004.1

## НАСОС СТАНЦИЯЛАР СУВ ҚАБУЛ ҚИЛИШ ИНШООТИНИНГ ЛОЙҚА ЧҮКМАЛАРИДАН ТОЗАЛАШ БҮЙИЧА ЯНГИ ТЕХНИК ЕЧИМ ВА УНИНГ ТАЖРИБА ТАДҚИҚОТЛАРИ

*М.М. Мухаммадиев - т.ф.д., профессор, С.Р. Жураев - катта ўқитувчи, Тошкент давлат техника университети*  
*Аннотация*

Мақолада ҳозирги кунда сүғориш тизимидағи насос станцияларда долзарб бўлган муаммолардан бири – уларнинг сув қабул қилиш иншооти (аванкамера ва сув қабул қилиш бўлинмалари) лойқа босиши масаласи кўриб чиқилиб, уни бартараф этиш бўйича мавжуд таклифлар, конструкциялар ва техник ечимлар ҳамда уларнинг авфзалик ва камчилик томонлари таҳлил қилинган. Юқоридаги афзалик ва камчиликларни инобатта олган ҳолда энергия ва капитал маблағлар сарфи минимал бўлган, эксплуатация харажатлари кам ҳамда ишончли ва содда бўлган сув қабул қилиш иншоотини лойқа чўкмаларидан тозалашнинг янги конструкцияси таклиф этилган. Мазкур конструкция насос станцияси ишләётган пайтда, уни тўхтатмасдан тозалаш имконини бериб, курилма таркибида лойқа сўрувчи гидрооқимчали насос ва лойқа қўзғатувчи мослама ҳамда пульпопровод (войка ташидиган қувур)дан иборат курилма мавжуд. Гидрооқимчали насос ва лойқа қўзғатувчи мослама учун зарур бўлган босимли сув оқими насос станцияни асосий насоснинг босим қувуридан олади. Босим билан гидрооқимчали насосга бериладиган сув оқимини энергияси ундаги оқимнинг аванкамерадаги босимга нисбатан анча катта бўлган босимни юзага келтиради ва бу фарқ лойқанинг сўрилишини ва унинг пульпопровод орқали ташқарига чиқариб ташланишини таъминлайди. Конструкцияни иш имкониятларини баҳолаш мақсадида лаборатория тадқиқотлари ўтказилди, тажрибалар хатолиги 5,78 фоизни ташкил этди, шу сабабли (хатолик 10 фоиздан кичик бўлганлиги учун) дисперсияларни тикланувчан деб қабул қилиш мумкинлиги ва лаборатория натижалари Кохрейн ва Фишер мезонлари тўлиқ мос келиши аниқланди.

**Таянч сўзлар:** насос, насос станцияси, сув қабул қилиш иншооти, аванкамера, оқимча, мезон, гидрооқимчали насос, сув сарфи, босим.

## НОВОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТ ЗАИЛЕНИЯ ВОДОПРИЁМНЫХ СООРУЖЕНИЕ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ И ЕГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

*М.М. Мухаммадиев - д.т.н., профессор, С.Р. Жураев - старший преподаватель*  
*Ташкентский государственный технический университет*

*Аннотация*

В статье рассмотрен один из актуальных проблем насосных станций в оросительной системе, заиление водоприёмных сооружений (аванкамер и водоприёмных камер), анализируются существующие предложения, конструкции и технические решения, а также их достоинства и недостатки. С учетом вышеуказанных преимуществ и недостатков предложена новая конструкция очистки водоприёмных сооружений от отложений наносов с минимальными энергетическими и капитальными затратами, наименьшими эксплуатационными затратами, надёжность и простота такой конструкции позволяет непрерывно очищать насосную станцию во время работы, устройство состоит из гидроструйного насоса для всасывания мутной жидкости и привода мутной воды, а также устройства, состоящего из трубопровода для пульпы. Необходимый поток воды под давлением для гидроструйного насоса и насосного устройства, для взмучивания отложения наносов, подаётся из напорного трубопровода основного насоса насосной станции. Энергия потока воды даваемый к струйному насосу под давлением создает давление, которое намного превышает давление в аванкамере, и эта разница гарантирует, что наносы будут поглощены и вытеснены по трубопроводу. Для оценки производительности конструкции были проведены лабораторные исследования с экспериментальной ошибкой 5,78%. поэтому (поскольку ошибка была менее 10%) отклонения были признаны приемлемыми как обратимые, а лабораторные результаты оказались полностью совместимыми с критериями Кохреяна и Фишера.

**Ключевые слова:** насос, насосная станция, водоприёмная сооружения, аванкамера, струя, критерий, гидроструйный насос, расход воды, напор.

## A NEW TECHNICAL SOLUTION FOR CLEANING THE WATER INTAKE STRUCTURE OF PUMPING STATIONS FROM SILTATION AND ITS EXPERIMENTAL RESEARCH

*М.М. Mukhammadiev - DSc, professor, S.R. Juraev - senior teacher, Tashkent State Technical University*

*Abstract*

The article considers one of the most pressing problems of pumping stations in the irrigation system today, their blurring of the bottom of the water intake (avancamera and water intake chambers), analyzes the existing proposals, designs and technical solutions and their advantages and disadvantages. Given the above advantages and disadvantages, a new design has been proposed for the treatment of water intake structures from turbid sediments with minimal energy and capital expenditures, very cheap and simple to operate and reliable. The design includes a turbid suction pump and a turbid pump, as well as a pulp pipeline. The pressurized water flow required for the hydraulic pump and turbid pumping device is taken from the pressure pipe of the pump station. The energy of the water flow to the hydraulic pump under pressure creates a pressure that is much

greater than the pressure in the flow chamber, which ensures that the sludge is absorbed and expelled through the pipeline, and laboratory studies were conducted to evaluate its performance. therefore (because the error was less than 10%) the variances were found to be acceptable as reversible, and the laboratory results were found to be fully consistent with the Cochrane and Fisher criteria.

**Key words:** pump, pumping station, water intake structure, pre-chamber, jet, criterion, hydraulic jet pump, water flow rate, pressure.

**Кириш.** Насос станциянинг сув қабул қилиш иншоотини (аванкамера ва сув қабул қилиш бўлинмалари) лойка босиши насоснинг сув олиши шароитини кескин мураккаблаштиради ва бунинг натижасида насос станцияда энергия истеъмоли 6–7 фоизга, фойдаланиш харажатлари эса 3–6 фоизга ортади [1, 2, 3]. Шу сабабли насос станцияни эксплуатация пайтида сув қабул қилиш иншоотини тез-тез тозалаб туриш зарурияти туғилади, лекин тозалашнинг самарали воситалари ва конструкцияларнинг ҳозирги вактда йўқлиги туфайли бунинг имкони бўлмайди, натижада лойка чўкмалари насос станция тўхтаган пайтда механизмлар ва қўл кучи ёрдамида тозаланди [2, 4, 5, 6, 7].

**Масалани қўйилиши.** Ҳозирги пайтда катта майдонга эга бўлган аванкамераларда насос станциянинг эксплуатация жараёнида лойка чўкмаларидан тозалаш учун земснарядлар (1-расм, а), нисбатан кичик аванкамераларда сузуб юрувчи тозалаш мосламаларидан (1-расм, б) фойдаланилади [8, 9, 10, 11, 12, 13].

Аванкамерада тўпланган лойка чўкмаларини сўриб олиб ва уни асосий насоснинг босим қувурига ҳайдаб берадиган тозаловчи қурилманинг янги конструкцияси [14] келтирилган (2-расм). Бундай қурилмани фақат ҳайдаб бериладиган лойка таркибида ўсимлик учун озуқа бўладиган минераллар билан бой бўлган ҳолларда кўллаш мақсадга мувофиқ ҳисобланади. Механизмлар билан лойка чўкмаларини тозалашнинг асосий камчилиги бу ишда асосий ишчи орган бўлган лойка ҳайдовчи (сўрувчи) насосларга сарф бўладиган харажатларнинг (электр энергияси, ёнилғи мой, фойдаланиш ва бошқа харажатлар) катталигидир.

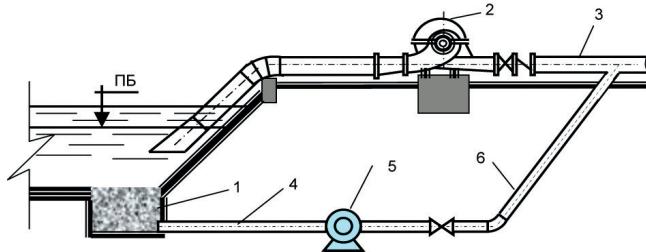


a)



b)

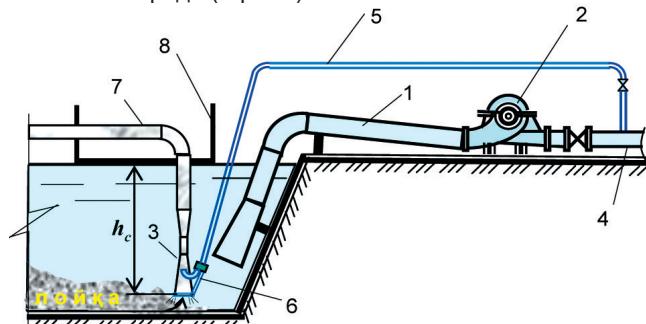
1-расм. Насос станция аванкамерасини лойка чўкмалардан тозалаш



1 - лойка чўкмалари; 2 - асосий насос; 3 - босим қувури;  
4 - лойка сўриш қувури; 5 - чиқинди (грунтовый) насос;  
6 - лойка ҳайдаш қувури

## 2-расм. Лойка чўкмаларини тозалаш қурилмаси

**Ечиш усули.** Шуни хисобга олиб, энергия ва капитал маблағлар сарфини ишончли бўлган сув қабул қилиш иншоотини лойка чўкмалардан тозалашнинг янги конструкцияси таклиф этилди [15]. Мазкур конструкция насос станция ишлаётган пайтда, уни тўхтатмасдан тозалаш имконини беради (3-расм).

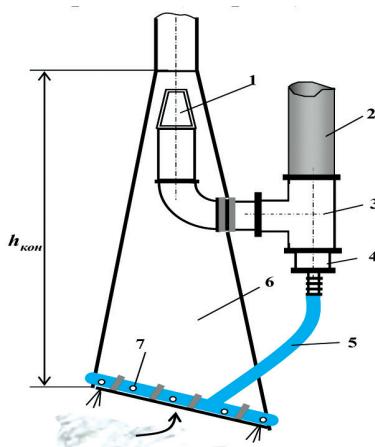


1 - насоснинг сўриш қувури; 2 - насос; 3 - гидроокимчали насос;  
4 - босим қувури; 5 - босимли сув бериш қувурчаси; 6 - лойка қўзғатиш учун сув бериш қувурчаси; 7 - лойқани олиб кетиши қувури (пульпопровод); 8 - хизмат кўприги.

## 3-расм. Насос станция сув қабул қилиш иншоотини лойка чўкмалардан тозалаш қурилмасининг схемаси

Қурилма таркибида лойка сўрувчи гидроокимчали насос ва лойка қўзғатувчи мослама ҳамда пульпопровод (ложка ташибидиган қувур)дан иборат қурилма мавжуд. Гидроокимчали насос ва лойка қўзғатувчи мослама учун зарур бўлган босимли сув оқими насос станцияни асосий насоснинг босим қувуридан олади. Босим остида гидроокимчали насосга берилаётган сув оқими энергияси ундан оқимнинг аванкамерадаги босимига нисбатан анча катта бўлган босимни юзага келтиради ва бу фарқ лойқанинг сўрилишини ва унинг пульпопровод орқали ташқарига чиқариб ташлашишини таъминлайди. Насос станцияни асосий насоснинг босим қувуридан берилаётган сув оқимининг бир қисми лойка қўзғатувчи мосламага берилади (4-расм).

Ушбу қурилманинг иш имкониятларини баҳолаш мақсадида лаборатория тадқиқотлари олиб борилди тадқиқотларнинг асосий мақсади гидроокимчали насоснинг бир нечта конструкциялари асосида унинг параметрлари ва умумлашган босим – сарф характеристикасини аниqlаш ҳисобланган. Лаборатория тадқиқотларини режалаштиришда омилларни ва уларнинг сонини аниqlаш катта аҳамиятга эга, ўзгарувчи омиллар (параметрлар)нинг сони



1 - конус наңча; 2 - босимли сув бериш құвұры; 3 - тройник;  
4 - штуцер; 5 - резина шланг; 6 - конфузор; 7 - сув чиқарыш  
тешілкілері

#### 4-расм. Гидроқұмчали насос конфузори ва босимли сув берши құвұры схемасы

күп бұлғаны учун, уларнинг ичидан  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  функцияға сезиларлы таъсир күрсатадиган асосийлари танлаб олинган. Гидроқұмчали насоснинг асосий параметрлари сифатида күйидагилар қабул қилинган [16, 17]:

$Q_1$  - берилдеган сув оқими сарфи;  $Q_2$  - сүриладиган сув сарфи;  $Q_3 = Q_1 + Q_2$  - гидроаралашма сарфи;  $H_1$  - берилдеган сув оқими босими;  $H_2$  - сүриладиган сув босими;  $H_3$  - гидроқұмчали насос босими;  $d_c$  - конус наңча диаметри;  $d_k$  - аралаштириш бўлинмаси диаметри;  $d_d$  - диффузор диаметри. Мазкур омилларнинг олинадиган натижаларга таъсирини тадқиқ қилиш ва улар орасидаги функционал боғлиқликни аниқлаш катта ҳажмда лаборатория ишларини талаб қиласы. Шу сабабли функционал натижаларга кам таъсир күрсатадиган омилни чиқариб ташлаб, бир нечта ўзида мужассамлаштирган параметрларни қабул қилинган. Масалан,  $H_3$  құймати  $H_1$  құйматида келиб чиқиб аниқланган, буни (1) боғланишидан күриш мумкин,  $H_2$  құйматини аванкамерадаги ўртача сув чуқурлиги  $h_2$  бўйича ўзгармас құймат сифатида қабул қилинган,  $Q_1$  ва  $Q_2$  құйматлари эса  $Q_3$  орқали ифодаланган.

$$H_3 = H_1 - \frac{\vartheta_3^2}{2g} + h_3 - \Delta h_{kam} - \Delta h_{dif}$$
 (1)

бунда:  $\vartheta_3$  - 3-3 кесимдеги оқим тезлиги;  $h_3$  - 3-3 кесимнинг сув сатхига нисбатан чуқурлиги;  $\Delta h_{kam}$  - аралаштириш бўлинмасидаги босим истрофи құймати;  $\Delta h_{dif}$  - диффузордаги босим истрофи.

Гидроқұмчали насос геометрик ўлчамларининг қаттиқ жисмли гидроаралашмани ҳайдаб беришда ўзгариш диапазонини  $\frac{d_k}{d_c} = 1,2-3,0$  гача олиш мумкин [16]. Шунда

$h$  нинг 0,1-0,3 құйматлари оралиғига  $\frac{d_k}{d_c} = 1,5-2,5$  тўғри

келади. Шу сабабли ушбу тавсиялар асосан  $d_c$ ,  $d_k$  ва  $d_d$  уларга боғлиқ бўлган құйматларини ўзгармас құймат сифатида қабул қилиш мумкин. Шундан келиб чиқиб, келтирилган 9 та омилдан 2 тасини, яъни  $H_1$  ва  $Q_3$  ни ўзгарувчан ва асосий параметрлар сифатида тадқиқотлар режасига киритиш киритилган.

Экспериментларни режалаштиришда навбатдаги босқич омиллар даражаси, яъни улар қабул қилиши мумкин бўлган құйматларнинг пастки, юқори ва асосий құйматларини белгиланиши ҳисобланган. Гидроқұмчали насосга берилдеган сув оқими напорининг құйматини  $H_1=25-35$  метр оралиқда қабул қилинди, гидроаралаш-

ма сарфи қийматини лаборатория қурилмаси құвурлари диаметрлариги боғлиқ ҳолда  $Q_3=1,2-1,8$  л/с миқдорида олинди. Омилларнинг ўзгариш даражаси ва оралиқ құйматлари 1-жадвалда көлтирилди.

#### 1-жадвал Омиллар даражасининг ўзгариши ва оралиқ құйматлары

Омиллар номи	Ўзгариш даражаси			Құйматларнинг ўзгариш оралиғи
	Пастки құймат	Асосий құймат	Юқори құймат	
Босим $H_1$ , м	25	35	35	5
Гидроаралашма-нинг сарфи, $Q_3$ , л/с	1,2	1,5	1,8	0,3

Құйматларнинг ўзгариш оралигини танлашда шунга эътибор бериш керакки, оралиқ құйматлари ушбу омил ўзгаришининг ўрта квадрат хатолиги құйматидан катта бўлиши керак [16, 18, 19].

Тадқиқотларни режалаштиришнинг кейинги босқичи кодлашдир. Кодлаш экспериментлар матрицасин қуриш учун омиллар даражасини ўлчов бирлигисиз құйматларга ўтказиш ҳисобланади. Кодлаш қуйидаги формула асосида амалга оширилди:

$$X_n = \frac{x_n - x_{n0}}{\Delta x_n} \quad (2)$$

бунда:  $X_n$  - омилнинг кодланган құймати;  $x_n$  - омилнинг ҳақиқий құймати;  $x_{n0}$  - омилнинг ноль (асосий) құймати;  $\Delta x_n$  - омил ўзгаришининг оралиқ құймати:

$$\Delta x_n = \frac{x_{n\max} - x_{n\min}}{2} \quad (3)$$

бунда:  $x_{n\max} - x_{n\min}$  - омилнинг максимал ва минимал құйматлари. Қабул қилинган омилларни кодлаш 2-жадвалда көлтирилган. Экспериментларнинг режалаштириш

#### 2-жадвал

#### Омилларни кодлаш ва тажрибаларни режалаштириш матрицасы

Тажриба номери	Режа матрицаси				Ишчи матрица	Тажрибалар натижалари, $y$ , л/с	Үртача құймат $\tilde{y}$ , л/с
	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_1 \cdot X_2$			
1	+1	-1	-1	+1	35	1,7	0,60 0,57 0,53
2	+1	-1	-1	-1	30	1,5	0,39 0,36 0,33
3	+1	-1	+1	-1	27	1,3	0,26 0,23 0,20
4	+1	+1	+1	+1	25	1,2	0,25 0,19 0,16

нинг навбатдаги босқичида тажрибалар дисперсиясининг бир хиллигини ва тикланувчанлигини текширилди. Экспериментлар дисперсиясининг бир хиллигини текшириш учун уларнинг ўрта квадрат фарқи құйматлари аниқланди:

$$S_i^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (y_i - \tilde{y})^2 \quad (4)$$

бунда:  $m$  - ўлчовлар сони.

Ҳисоблар натижалари 3-жадвалда көлтирилди.

**Натижалар ва намуналар.** Амалга оширилган ўлчовлар натижаларининг бир хиллигини Кохрен мезони ( $G$ -мезони) орқали аниқланади. Бунинг учун Кохрен мезонининг күйидаги формула бўйича ҳисобланган құймати, унинг 95

## 3-жадвал

## Ўлчов натижалари дисперсияси

Тажриба номери	1	2	3	4
Дисперсия қиймати				
$S^2$	0,00123	0,009	0,09	0,021
S	0,0351	0,03	0,03	0,145

фоизлик ишончлилик экстимоллиги билан аниқланган ва [19, 20] да келтирилган қийматидан кичик бўлиши керак.

$$G = \frac{\sum_{i=1}^m S_i^2}{M} = \frac{0,021}{0,0402} = 0,5223 \quad (5)$$

Экспериментлар сони 4 та, эркинлик даражаси сони  $m=1$  бўлган ҳолат учун  $G_{жад} = 0,7679$  га тенг, демак  $G=0,5223 < 0,7679 = G_{жад}$  бўлганилиги учун тажрибалар дисперсияси бир хил ва улар тўғри ўтказилган деб ҳисоблаш мумкин [19, 20].

Тажрибалар тикланувчалиги уларни аппроксимацияловчи эмпирик тенгламани, яъни тажрибаларнинг математик моделини аниқлаш учун яроқлилигини кўрсатди.

Бунинг учун барча тажрибаларнинг дисперсиясини жамлаб, ўртача дисперсия қийматини ва тажрибалар хатолиги қийматини аниқлаш зарур:

$$S_{\bar{y}_p}^2 = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^m S_i^2 \quad (6)$$

бунда:  $M$  - ўлчовлар сони

$$S_{\bar{y}_p}^2 = \frac{1}{12} 0,0402 = 0,00335$$

тажрибалар хатолиги:

$$S = \sqrt{S_{\bar{y}_p}^2} = \sqrt{0,00335} = 0,0578$$

Тажрибалар хатолиги 5,78 фоизни ташкил этди, шу сабабли (хатолик 10 фоиздан кичик бўлганилиги учун) дисперсияларни тикланувчан деб қабул қилиш мумкин. Экспериментларни режалаштиришнинг кейинги босқичи, уларнинг математик моделини, яъни мос келувчи регрессия тенгламасини топиш ҳисобланди. Бунинг учун аввалио регрессия коэффициентлари ҳисобланди. Регрессия коэффициентлари оптимизация параметри, яъни лойка сарфи қийматларини факторлари, яъни  $H_1$  ва  $Q_3$  нинг таъсирини баҳолаш ва белгилаш имконини берди.

Регрессия тенгламасини  $H_1$  ва  $Q_3$  омилларнинг бир бирига ўзаро таъсири борлиги туфайли қўйидаги кўринишида қабул қилинди:

$$y = b_0 x_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 \quad (7)$$

бунда:  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  ва  $b_{12}$  регрессия коэффициентлари ва улар қўйидаги формулалар билан аниқланди:

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \tilde{y}_i}{n} \quad (8)$$

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n X_1 \cdot \tilde{y}_i}{n} \quad (9)$$

$$b_2 = \frac{\sum_{i=1}^n X_2 \cdot \tilde{y}_i}{n} \quad (10)$$

$$b_{12} = \frac{\sum_{i=1}^n X_1 \cdot X_2 \cdot \tilde{y}_i}{n} \quad (11)$$

бунда:  $X_1, X_2$  - омилларнинг кодлари, яъни (+1) ва (-1) қийматлари.

Коэффициентлар 2-жадвалдан фойдаланиб аниқланади.

Демак,  $b_0 = 0,3392$ ;  $b_1 = -0,0592$ ;  $b_2 = -0,1242$ ;  $b_{12} = -0,0442$ .

Шундан регрессия тенгламаси қўйидаги кўринишга келди:  $y = 0,3392 - 0,0592 \cdot x_1 - 0,1242 x_2 + 0,0442 x_1 \cdot x_2$  (12)

Регрессия коэффициентларини мослиги ва аҳамиятга эга эканлиги Стъюдент мезони ( $t$ -мезони) бўйича қўйидаги тарзда аниқланди [19, 20, 21]:

$$\Delta b_i = \pm \frac{t \cdot s}{\sqrt{M}} = \frac{1,796 \cdot 0,0578}{\sqrt{12}} = 0,03$$

бунда:  $t$  - Стъюдент мезони, ишончлилик экстимоллиги 95%, яъни аҳамиятлилик коэффициенти  $\alpha=0,05$  бўлган ҳолда  $t=1,796$  га тенг [19, 20].

Олинган натижага  $\Delta b_i = 0,03$  барча регрессия коэффициентларидан кичик бўлганилиги учун уларни мос ва аҳамиятга эга деб қабул қилинди.

Режалаштиришнинг навбатдаги босқичи олинган регрессия тенгламасининг тажрибалар натижаларига мослиги масаласини текшириш ҳисобланди. Бу иш Фишер мезони орқали амалга оширилди. Бунинг учун (12) тенглама қўйидаги реал ҳолатга келтирилди:

$$q_m = 0,3392 - 0,0592 \cdot H_1 - 0,1242 \cdot Q_3 + 0,0442 \cdot H_1 Q_3 \quad (13)$$

Ушбу тенгламага  $H_1$  ва  $Q_3$  нинг 2-жадвалда келтирилган қийматларини қўйиб ҳисобланган ва уларнинг натижалари 4-жадвалда келтирилган.

## 4-жадвал

## Тажрибалар натижалари хатоликларининг қийматлари

Тажриба номери	1	2	3	4
Лойка миқдори, л/с				
$q_{mi}$	0,567	0,36	0,23	0,20
$q_{m,xuc}$	0,684	0,3659	0,13	0,04
$\Delta q_m$	0,117	0,059	0,10	0,16
$\Delta q_{mi}$	0,0137	-	0,01	0,0256

(13) тенгламанинг мослиги дисперсияси қўйидаги формула билан ҳисобланди:

$$S_{moc}^2 = \frac{1}{N - K} \sum_{i=1}^N (\bar{q}_{mi} - q_{m,xuc})^2 \quad (14)$$

бунда:  $N$  – тажрибалардаги ўлчовларнинг умумий сони;  $K$  – регрессия тенгламасидаги коэффициентлар сони;  $\bar{q}_{mi}$  – лойка сарфининг ҳар бир тажрибада аниқланган ўртача қиймати.  $q_{m,xuc}$  – лойка сарфининг (13) формула билан ҳисобланган қийматлари:

$$S_{moc}^2 = \frac{1}{12 - 4} \cdot 0,0493 = 0,00616$$

**Хулоса.** Тажрибаларнинг ўртача дисперсия қиймати (6) формула билан аниқланган). Шунинг учун Фишер мезони қўйидагича ҳисобланди:

$$F_{xuc} = \frac{S_{moc}^2}{S_{yp}^2} = \frac{0,00616}{0,00335} = 1,84$$

Фишер мезонининг  $t_1=N-K=12-4=8$  ва  $t_2=m-1=3-1=2$  эркинлик даражаси сонларига мос келадиган қиймати  $F_{жад} = 4,459$  га тенг. Демак,  $F_{xuc} = 1,84 < F_{жад} = 4,459$  бўлгани учун танланган модель (тенглама) тажрибаларга мос келди деб ҳисоблаш мумкин.

№	Адабиётлар	References
1	Мамажонов М. Повышение эффективности эксплуатации центробежных и осевых насосов насосных станций оросительных систем: Автореф. дис. ... док. техн. наук. – Ташкент: ТИИМ, 2006. – 35 с.	Mamazhonov M. Povyshenie effektivnosti ekspluatatsii sentrobeznykh i osevых nassosov nassosnykh stantsiy orositel'nykh sistem [Improving the efficiency of operation of centrifugal and axial pumps of pumping stations of irrigation systems]: Avtoref. dis. ... doc. tech. sciences. Tashkent: TIIM, 2006, 35 p. (in Russian)

2	Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У. Энергоэффективные технологии при эксплуатации насосных станций. – Ташкент: ТашГТУ, 2012. – 114 с.	Muxammadiev M.M., Urishev B.U. <i>Energoeffektivnye tekhnologii pri eksploatatsii nasosnykh stantsiy</i> [Energy efficient technologies for the operation of pumping stations]. Tashkent: TashGTU, 2012. 114 p. (in Russian)
3	Мамажонов М. Анализ эксплуатационных условий работы насосных станций сельскохозяйственного назначения // Вестник аграрной науки Узбекистана. – Ташкент, 2004. – № 1. – С.77-80.	Mamazhonov M. <i>Analiz ekspluatatsionnykh usloviy raboty nasosnykh stantsiy selskokhoz-yaystvennogo naznacheniya</i> [Analysis of the operating conditions of pumping stations for agricultural purposes] Bulletin of Agrarian Science of Uzbekistan. TashGAU. Tashkent: 2004. No. 1. Pp.77-80. (in Russian)
4	Латипов К.Ш., Арифжанов А.М. О модели движения взвесенесущего потока в руслах // Проблемы механики. – Ташкент, 1996. – № 6. – С.38 – 40.	Latipov K.Sh., Arifjanov A.M. <i>O model dvizheniya vzvesenesushchego potoka v ruslakh</i> [On the model of the suspension flow in the channels]. Problems of mechanics. Tashkent, 1996. No6. Pp. 38 - 40. (in Russian)
5	Мухаммедов Я.С. Динамика твердого стока от водозабора до НС № 1 Каршинского магистрального канала // Сб. тр. Вопросы русловой гидротехники с учетом усиливающейся роли антропогенной деятельности в речных бассейнах Средней Азии. – Ташкент, 1990. – С. 45 – 51.	Mukhammedov Ya.S. <i>Dinamika tverdogo stoka ot vodozabora do NS №1 Karshinskogo magistralnogo kanala</i> [Dynamics of solid runoff from water intake to PS No.1 of the Karshi Main Canal] Coll. tr. Issues of channel hydraulic engineering taking into account the increasing role of anthropogenic activity in the river basins of Central Asia. Tashkent, 1990 Pp. 45-51. (in Russian)
6	Клюканова И.А. Взвешенные наносы Амударьи и их irrigationное значение. – Москва: Наука, 1981. – 198 с.	Klyukanova I.A. <i>Vzveshennye nanosy Amudari i ikh irrigatsionnoe znachenie</i> [Suspended sediments of the Amu Darya and their irrigation value] Moscow: Nauka, 1981. 198 p. (in Russian)
7	Ibrahim R.Taima. A central-type jet pump model for wheat grains removing from water channels. Sixteenth International Water Technology Conference, IWTC 16 2012, Istanbul, Turkey.	Ibrahim R.Taima. A central-type jet pump model for wheat grains removing from water channels. Sixteenth International Water Technology Conference, IWTC 16 2012, Istanbul, Turkey.
8	Ефимов Д.С., Тарасьянц С. А. Экономическое обоснование использования землесосных установок с комбинированными способами забора и транспортировкой пульпы. Научный журнал КубГАУ, №87(03), 2013.	Efimov D.S., Tarasyants S. A. <i>Ekonomicheskoe obosnovanie ispol'zovaniya zemlesosnykh ustanovok s kombinirovannymi sposobami zabora i transportirovkoj pulpy</i> [Economic justification for the use of suction dredgers with combined methods of sampling and transportation of pulp] Scientific journal KubGAU, No87 (03). 2013. (in Russian)
9	Кошкин А.Н. Устройство для предварительной очистки воды в водозаборах насосных станций. – Москва. Мелиорация и водное хозяйство, № 4, 2008. – С.36-39.	Koshkin A.N. <i>Ustroystvo dlya predvaritel'noy ochistki vody v vodozaborakh nasosnykh stantsiy</i> [Device for preliminary water purification in water intakes of pumping stations.] Moscow. Amelioration and water management, No4, 2008, Pp. 36 - 39. (in Russian)
10	Животовский Л.С., Самойловская Л.А. Техническая механика гидросмесей и грунтовые насосы. – Москва: Машиностроение, 1986. – 283 с.	Zhivotovsky L.S., Samoilovskaya L.A. <i>Tekhnicheskaya mehanika gidrosmesey i gruntovye nasosy</i> [Technical mechanics of slurries and dredge pumps]. Moscow: Mechanical engineering. 1986. 283 p. (in Russian)
11	Sanger, N.E. Non-Cavitating Performance of Two Low-Area-Ratio Water Jet Pumps Having Throat Lengths of 7.25 Diameters / N.E. Sanger. – Washington. Report NASA TN D-4445, 2008.	Sanger, N.E. Non-Savitating Performance of Two Low-Area-Ratio Water Jet Pumps Having Throat Lengths of 7.25 Diameters / N.E. Sanger. Washington. NASA TN D-4445 Report, 2008.
12	Karassik, I.J. Pump Handbook / I.J. Karassik. – 3 ed. – McGraw-Hill, 2001.	Karassik, I.J. Pump Handbook / I.J. Karassik. - 3 ed. - McGraw-Hill, 2001.
13	Grupping, A.W. Fundamentals of Oilwell Jet Pumping / A.W. Grupping, J.L.R. Coppes, J.G. Groot // SPE Production Engineering. – 1988. – Vol. 3. – Iss. 1. – P. 9–14.	Grupping, A.W. Fundamentals of Oilwell Jet Pumping / A.W. Grupping, J.L.R. Coppes, J.G. Groot // SPE Production Engineering. 1988. Vol. 3. Iss. 1. Pp. 9–14.
14	Патент Р.Узб. FAP 00238. Водоприёмное сооружение/ Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У., Носиров Ф.Ж// Официальный вестник. – 2006. – №2.	Patent R.Uzb. FAR 00238. <i>Vodopriyomnoe sooruzhenie</i> [Water intake structure] Muxammadiev MM, Urishev B.U., Nosirov F.J. Ofitsialnyy vestnik. 2006. No2. (in Russian)
15	Патент Ўз. Рес. FAP 00938. Сув қабул қилиш иншооти / Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У., Жураев С.Р// Расмий ахборотнома. 2014, №8.	Patent Own. Res. FAP 00938. <i>Suv kabul kilish inshooti</i> [Water intake facility] Muhammadiev M.M, Urishev BU, Juraev SR Official Gazette. 2014, No8. (in Uzbek)
16	Лямаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки. – Ленинград: Машиностроение, 1988. – 256 с.	Lyamaev B.F. <i>Gidrostruynye nasosy i ustanovki</i> [Hydrostructural pumps and installations]. Leningrad, Mashinostroenie, 1988. 256 p. (in Russian)
17	Соколов Е.А., Зингер Н.М. Струйные аппараты, – Москва: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.	Sokolov E.A., Zinger N.M. <i>Struyne apparaty</i> , Moscow, Energoatomizdat, 1989. 352 p. (in Russian)
18	В. А. Барилович, Ю. А. Смирнов. Совершенствование расчета эрлифта и струйного насоса // Научно-технические ведомости СПбПУ (Россия). Естественные и инженерные науки. 2017. Том 23. №3. – С. 37–48.	V.A. Barilovich, Yu. A. Smirnov. <i>Sovershenstvovanie rascheta erlifta i struynogo nasosa</i> [Improvement of calculation of airlift and jet pump] Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbPU (Rossiya). Natural and engineering sciences. 2017. Vol. 23. No 3. Pp. 37–48. (in Russian)
19	Уkolov A.I., Rodionov V.P. Верификация результатов численного моделирования и экспериментальных данных влияния кавитации на гидродинамические характеристики струйного потока // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана (Россия). Сер. Естественные науки. Москва. 2018. №4. – С. 102–114.	Ukolov A.I., Rodionov V.P. <i>Verifikatsiya rezul'tatov chislennogo modelirovaniya i eksperimentalnyx dannyykh vliyanija kavitatsii na gidrodinamicheskie kharakteristiki struynogo potoka</i> [Verification of the results of numerical modeling and experimental data on the influence of cavitation on the hydrodynamic characteristics of the flow stream] // Bulletin of MGTU. N.E. Baumana (Russia). Ser. Natural sciences. 2018. No 4. C. 102–114. (in Russian)
20	Ипанов А.С., Ошивалов М.А., Галягин К.С. и др. Математическое моделирование работы многофазных гидроструйных насосов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета (Россия). Машиностроение, материаловедение. – 2019. – Том. 21, №2. – С. 15–22.	Ipanov A.S., Oshivalov M.A., Galyagin K.S. and dr. <i>Matematicheskoe modelirovanie raboty mnogofaznykh hidrostruynykh nasosov</i> [Mathematical modeling of the operation of multiphase hydraulic jet pumps] Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University (Russia). Mechanical engineering, materials science. 2019. Vol. 21, No. 2. Pp. 15–22. (in Russian)

УЎТ: 621.65:621.689.1

## НАСОС СТАНЦИЯСИ АВАНКАМЕРАСИДА СУВ САТҲИННИГ ЎЗГАРИШИ

*P.P. Эргашев - т.ф.д., профессор в.б.*

*Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш мұхандислари институти*

*Б.Т. Холбутаев - асистент, Жиззах политехника институти*

### Аннотация

Насос станциялари аванкамерасида сув сатҳининг тушиб кетиши натижасида сўрувчи қувурлар олдида сув уюрмалари ҳосил бўлади. Сўрувчи қувурлар орқали сўрилган сув уюрмаси таркибидаги ҳаво насос қурилмаси ишчи парракларининг кавитацион режимда ишлашига ва кескин емирилишига олиб келади. Қарши машина канали насос станцияларидан олинган маълумотлар шуни кўрсатдик, пастки бъефда сув сатҳининг лойиҳа кўрсаткичларидан тушиб кетиш ҳолатлари асосан биринчи насос станцияси аванкамерасида содир бўлган. Бош насос станциясида бир вақтда ишлаётган насос агрегатларининг сонига қараб, пастки бъефида минимал сув сатҳи талаб бўйича 4,5 м. дан 5,7 м. гача бўлиши лозим. 2019 йилнинг март, июль, август, сентябрь, октябрь ойларида аванкамерада сув сатҳи меъёрдан 1,1 м. гача тушиб кетган шароитда ишлатилаётган насос станцияси аванкамерасида сув уюрмалари ҳосил бўлган ҳолатлар аниқланди. Аванкамерада сув сатҳи тушиб кетган вақтда уюрмаларнинг ҳосил бўлиши натижасида, насос сарфи 16–44 фоизгача ва фойдали иш коэффициенти 9–28 фоизгача пасайтириши тўғрисида маълумотлар олинган. Олиб борилган илмий тадқиқот ишлари, аванкамерада сув сатҳи тушиб кетган вақтда ҳосил бўлган уюрмаларнинг сўрувчи қувурларга сув билан бирга ҳавони олиб киришининг олдини олиш муҳим аҳамиятга эга бўлган йўналиш эканлигини кўрсатади.

**Таянч сўзлар:** насос станцияси, насос қурилмаси, аванкамера, сув сатҳи, сўриш қувури, сув сарфи, сув уюрмаси, кавитация, емрилиш.

## ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ ВОДЫ В АВАНКАМЕРЕ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

*P.P. Эргашев - д.т.н., и.о.профессора*

*Ташкентского институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства*

*Б.Т. Холбутаев - асистент Джизакского политехнического института*

### Аннотация

Снижение уровня воды в аванкамере насосных станций приводит к образованию водоворотов перед всасывающими трубопроводами. В результате всасывания воздуха насосная установка работает в кавитационном режиме и происходит их интенсивный износ. Как показывает данные Каршинского машинного канала, в основном, снижение проектных уровней воды в нижних бьефах отмечается на первой насосной станции. В зависимости от количества одновременно работающих насосных агрегатов минимальный уровень воды в головной насосной станции должен быть от 4,5 м до 5,7 м. Данные насосных станций за 2019 г показали что, в марте, июле, августе, сентябре, октябре уровня воды в аванкамерах были ниже и доходили до 1,1 м. в результате были выявлены образование воронок. Данные показывают что снижение уровней воды и образование воронок в камере снижает расход насоса до 16–44% и коэффициент полезного действия сокращается до 9–28%. Проведение исследований по предотвращению воронок в аванкамерах и проникновению воздуха во всасывающие трубопроводы является актуальной.

**Ключевые слова:** насосная станция, насосное устройство, аванкамера, уровень воды, всасывающий трубопровод, расход воды, водоворот, кавитация, износ.

## CHANGE IN LEVEL WATER IN PUMPING-PLANT INTAKE

*R.R. Ergashev - DSc, professor, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers*

*B.T. Xolbutayev - assistant, Jizzakh Polytechnic Institute*

### Abstract

A decrease in the water level in the pump chamber of the pumping stations leads to the formation of whirlpools in front of the suction pipes. As a result of air intake, the pump unit operates in cavitation mode and their intensive wear occurs. As the data obtained from the Karshi machine channel show, mainly a decrease in design water levels in the downstream waters is observed at the first pumping station. Depending on the number of simultaneously operating pumping units, the minimum water level in the head pumping station should be from 4.5 m to 5.7 m. The received data from pumping stations for 2019 showed that, in March, July, August, September, October, levels the water in the downstream chambers was lower and reached 1.1 m. As a result of this, funnel formation was detected. Data was obtained that a decrease in water levels and the formation of funnels in the chamber reduces the pump flow rate to 16–44% and the efficiency is reduced to 9–28%. Conducted research in this direction to prevent funnels in the chambers and the penetration of air into the suction pipelines are relevant.

**Key words:** pumping unit, pumping device, water level in the vanguard, water supply, direction of water movement, water consumption, cavitation, wear.



**Кириш.** Йирик насос станцияларида насос қурилмаларининг ишончли ишлашини таъминлаш орқали қишлоқ хўжалик экинлари учун керакли миқдордаги сув етказиб берилади. Насос курлималаридан фойдаланиш

шароитида энг кўп ишдан чиқишиларга олиб келувчи сабаблар, уларнинг кавитацион режимларда ишлаши натижасида содир бўладиган ейилиши эканлиги аниқланди [1, 2]. Ишчи парракларининг кавитация таъсирида ейилиши на-

сос қурилмасининг иш кўрсаткичларини (сув сарфи, напори ва фойдали иш коэффициентини) пасайишига олиб келади [3, 4]. Насос қурилмаларда кавитация ҳодисаси икки хил ҳолатда содир бўлади. Биринчиси, насос қурилмасида ҳаракатланаётган оқимнинг бирор нуқтасидаги босим миқдори суюқликнинг тўйинган буглари (эластицлик) босими даражасигача пасайиб кетишини натижасида пуфакчалар ҳосил бўлиши жараёнида содир бўлиб, оқим босим юкори зоналарга ўтганда бу пуфакчалар ёрилиши оқибатида насос ишчи парраги қисмларини емиради. Иккинчи ҳолат, насос станциялари аванкамерасида сув сатҳи минимал баландликдан тушиб кетганда, сўрувчи қувурлар олдида ҳосил бўлган сув уормаси билан бирга ҳавонинг насос ичига кириши натижасида содир бўлади. Бундай ҳолатда кавитация ҳодисасининг янада кучли ривожланиши содир бўлиб, насос қурилмасининг иш тартибини умуман бузилишига сабаб бўлади [5, 6].

Юқорида айтиб ўтилганларни инобатга олинган ҳолда йирик насос станциялари аванкамерасида сув сатҳининг ўзгариши тўғрисида маълумотларни ўрганиш, насос қурилмалари сўрувчи қувурлари олдида сув уормаларини ҳосил бўлиш ҳолатларини аниқлаш долзарб муаммо ҳисобланади.

**Ечиш усули.** Насос станциялари аванкамераларида сув сатҳининг ўзгаришини ўрганиш бўйича тажриба кузатув ишлари йирик насос станцияларида олиб борилди. Пастки бъефдаги сув сатҳининг ўзгаришини доимий назорат қилиб бориш учун аванкамерага вертикаль равишда рейка ўрнатилган бўлиб, унданга ракамлар ёрдамида ўрганилаётган вақтдаги сув сатҳи аниқланади. Сув сатҳининг ўзгариши бўйича олинган маълумотлар назоратчи томонидан маҳсус журналга қайд этилиб борилади. Аванкамерада сув сатҳининг ўзгаришини ифодаловчи графикларни тузишда насос станцияси ходимлари томонидан йил давомида журналга қад этилган статистик маълумотлардан фойдаланилди. Пастки бъефда сув сатҳининг тушиб кетиши натижасида сўрувчи қувурлар олдида сув уормаларининг ҳосил бўлиши ва насос қурилмаларини кавитацион режимда ишлашига олиб келиши адабиётлар таҳлили асосида аниқланди [7, 8].

**Натижалар таҳлили ва мисоллар.** Насос агрегатлари ёрдамида талаб қилинган сувни етказиб беришни таъминлашда, уларнинг иш режимларини тўғри ташкил этиш мухим аҳамиятга эга. Канал-насос станцияси тизимда оқимнинг ҳаракатланиши тез ўзгарувчан бўлган ҳолатларда аванкамерадаги сув сатҳининг ҳолатларини ўрганиш бўйича Қарши машина канали насос станцияларидан маълумотлар олинди. Амударё ўзанида содир бўлаётган ўзан жараёнлари, йил давомида сув сарфини йўналтирувчи канал орқали биринчи насос станциясига етказиб беришда оқимнинг нотекис ҳаракатига олиб келиш ҳолатлар асосий омиллардан бири ҳисобланади [9, 10, 11, 12].

Бош насос станцияси аванкамерасида сув сатҳининг тушиб кетишига [13, 14, 15, 16]:

- дарё ўз йўлини ўзгартириши ва сув олиш каналига оқиб келаётган сув сарфининг камайиши;

- насос станцияларига сув олиш каналида оқим тезлигининг ўзгариши ҳисобига лойқага тўлиб қолиши;

- оқизикларнинг катта миқдорда оқиб келиши ва панжаралар олдида тўпланиб қолган оқизикларни ўз вақтида тозалаб, олиб ташланмаганлиги сабаб бўлган ҳолатлар аниқланди.

Аванкамерада сув сатҳининг тушиб кетишига олиб келадиган асосий сабабларни бартараф этиш йўналишида бир қатор ишлар олиб борилмоқда, жумладан, кузатув-назорат ишлари олиб борилиши, йўналтирувчи ка-

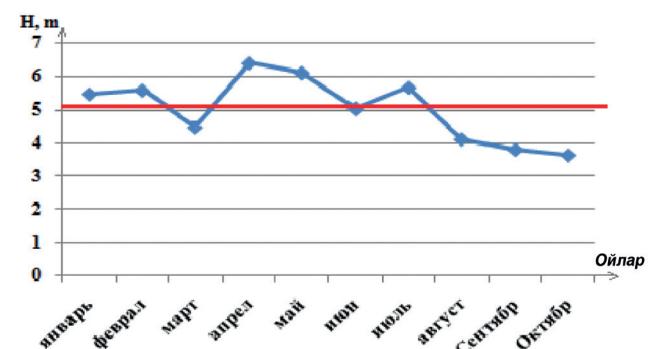
напда чуқурликнинг бўйлама ўзгаришини назорат қилиш, Амударёдан оқиб ўтаётган ва биринчи насос станциясига олинаётган сув миқдорини ошириш учун каналга ўтириб қолган лойқани тозалаб ташлаш. Лекин бу тадбирлар каналда сув сарфини тушиб кетишини ва сув сатҳи тушиб кетган вақтда аванкамерадаги оқимда содир бўладиган уормаларнинг олдини олишни тўлиқ таъминламайди. Насос станциялари аванкамераларида сув уормалари асосан сўрувчи қувури олдида пайдо бўлади. Натижада сўрувчи қувур орқали сўрилаётган сув билан бирга кўп миқдорда ҳавонинг кириб кетиши насос ишчи ғилдиракларининг кавитацион режимда ишлашига олиб келади [17, 18]. Бундай ҳолатнинг олдини олиш учун лойиҳа бўйича бир вақтда ишлаётган насос қурилмаларининг сонига қараб аванкамерадаги сув сатҳининг меъёрлари белгиланган (1-жадвал).

#### 1-жадвал

**Қарши машина канали биринчи насос станциясида бир вақтда ишлаётган насос қурилмаларининг сонига бўйича сув сатҳининг ўзгариши**

Кўрсатмалар	Бир вақтда ишлаётган насос қурилмаларининг сони				
	1	2	3	4	5
Насос қурилмалари-нинг сони, дона	1	2	3	4	5
Лойиҳа бўйича аванкамерадаги меъерий сув сатҳи, м	4,5	4,5	5,0	5,5	5,7

2019 йил давомида Қарши машина канали биринчи насос станциясидан олинган маълумотлар асосида аванкамерадаги сув сатҳининг ўзгариши бўйича график тузилди (1-расм).



1-расм. Қарши машина канали биринчи насос станциясида сув сатҳининг ўзгариши

Бир вақтда ишлаётган насос агрегатларининг сонига қараб аванкамерадаги талаб қилинган минимал сув сатҳи 4,5 м. дан 5,7 м. гача бўлиши талаб этилади. Олинган маълумотлар аванкамерадаги сув сатҳининг тез ва кескин ўзгаришини кўрсатди. Сув сатҳининг тушиб кетиш ҳолатлари айниқса март, август, сентябрь, октябрь ойларида сурункали содир бўлган (2-жадвал).

Бу ойларда аванкамерада сув сатҳи талаб қилинган миқдодан 1,1 м. гача тушиб кетган ҳолатлар содир бўлган. Сўрувчи қувурлар олдида сув уормаларининг ҳосил бўлиши ўз навбатида насос қурилмаларини кавитацион режимда ишлашига олиб келади [18]. Ўтказилган илмий тадқиқот ишларининг таҳлили аванкамерада сув уормаларининг ҳосил бўлиши натижасида насос қурилмалари сарфини 16–44 фоизгача ва ФИКни – 9–28 фоизгача пасайтириши тўғрисида маълумотлар олинган [19].

## 2-жадәвәл

**Аванкамерадаги сув сатҳи меъёридан тушиб кетган ойлар бўйича маълумотлар**

Сув сатҳи, ойларда	Аванкамерадаги сув сатҳи, м.		
	Энг юқори сув сатҳи	Энг паст сув сатҳи	Ўртача сув сатҳи
март	5,53	3,38	4,48
август	5,54	3,41	4,12
сентябрь	4,0	3,41	3,8
октябрь	3,79	3,38	3,6

Шунинг учун аванкамерада сув сатҳи тушиб кетган вақтда ҳосил бўлган уюрмаларнинг сўрувчи қувурларга киришининг олдини олиш қурилмаларини такомилластириш муҳим аҳамиятга эга бўлган йўналиш ҳисобланади.

Насос станцияларининг аванкамерасидаги конструкцияларни такомилластириш ва содир бўладиган гидравлик жараёнларни ҳисоблаш усуулларини ривожлантириш бўйича Россия, Украина, Ўзбекистон олимлари томонидан бир катор илмий тадқиқот ишлари олиб борилган. Жумладан, сўриш қувурлари олдида сув уюрмаларининг ҳосил бўлишининг олдини олиш учун сув сатҳидан сўрувчи қувурларни камида 0,5 м чуқурлиқда бўлишини таъминлаш мақсадида сунъий тўсиклар ўрнатилган [20]. Таклиф этилган техник ечимлар ва технологик қурилмаларни ий-

рик насос станцияларида қўллаш бўйича олиб борилган тадқиқотлар аванкамерадаги сув сатҳи меъёрдан тушиб кетган вақтда ҳосил бўладиган сув уюрмаларининг олидидини олиш қурилмаларини ишлаб чиқиш йўналишида илмий тадқиқот ишларини олиб боришини тақозо этмоқда.

**Хулоса:** Насос қурилмасини кавитацион режимларда ишлашига аванкамерадаги сув сатҳининг тушиб кетиши ва оқимда уюрмалар ҳосил бўлиб, сув билан бирга ҳавонинг сўрувчи қувурлар орқали сўрилиб ишчи парракларга етиб бориши сабаб бўлади. Қарши машина канали насос станцияларидан олинган маълумотлар шуни кўрсатдики, каскад насос станцияларида, пастки бъефда сув сатҳининг лойиха кўрсаткичларидан тушиб кетиши ҳолатлари асосан бош биринчи насос станцияси аванкамерасида содир бўлган. Бош насос станциясида ишлабтган насос агрегатларининг сонига қараб, пастки бъефда минимал сув сатҳи талаб бўйича 4,5 м. дан 5,7 м. гача бўлиши лозим. 2019 йил март, июль, август, сентябрь, октябрь ойларида аванкамерада сув сатҳининг мутьёрдан 1,1 м. гача тушиб кетиши содир бўлган. Натижасида сув уюрмалари ҳосил бўлган ҳолатлар аниқланди. Аванкамерада сув сатҳи тушиб кетган вақтда уюрмаларнинг ҳосил бўлиши натижасида, насос сарфи 16–44 фоизгача ва фойдали иш коеффициенти 9–28 фоизгача пасайтириши тўғрисида маълумотлар олинган. Олиб борилган илмий тадқиқот ишлари, аванкамерада сув сатҳи тушиб кетган вақтда ҳосил бўлган уюрмаларнинг сўрувчи қувурларга киришини олдини олиш муҳим аҳамиятга эга бўлган йўналиш эканлигини кўрсатади.

№	Адабиётлар	References
1	Гловатский О.Я., Эргашев Р.Р. Анализ надежности основных узлов насосного оборудования НС-1 с осевыми агрегатами КМК. //Материалы международной научно-техн. конф. «Современные проблемы механики». – Ташкент, 2009. – С. 74-77.	Glovatsky O.Ya., Ergashev R.R. Analiz nadezhnosti osnovnykh uzlov nasosnogo oborudovaniya NS-1 s osevymi agregatami KMK [Reliability analysis of the main components of the pumping equipment NS-1 with axial units KMK]. Materials of the international scientific and technical conf. "Modern problems of mechanics." Tashkent, 2009. Pp.74-77. (in Russian)
2	Kareljin V.J., Novoderezkin R.A., Coj V., Mamajonov M. Cavitation Erosion in Centrifugal Pumps. Conference Hydro-Turbo, 2002.	Kareljin V.J., Novoderezkin R.A., Coj V., Mamajonov M. Cavitation Erosion in Centrifugal Pumps. Conference Hydro-Turbo, 2002.
3	Мамажонов М., Ботиров У., Турсунов Х. Изменение водоподачи насосов. // Ж.: "Сельское хозяйство Узбекистана". – Ташкент, 2005. – №2. – С.28-29.	Mamajonov M., Botirov U., Tursunov H. Izmenenie vodopodachi nasosov [Change in the water supply of pumps]. Agriculture of Uzbekistan. Tashkent, 2005, No. 2. Pp. 28-29. (in Russian)
4	Momchilov B. and Popov B. Studies on the inlet equipment of irrigation and drainage stations. Academy of agricultural sciences - Bulgaria. Bulletin of the institute of hydrotechnics end land improvement. 2002, vol. 5. Pp. 101-112.	Momchilov B. and Popov B. Studies on the inlet equipment of irrigation and drainage stations. Academy of agricultural sciences Bulgaria. Bulletin of the institute of hydrotechnics end land improvement. 2002, vol.5. Pp. 101-112.
5	Шокиров Б. Улучшение гидравлических характеристик водоприёмных камер насосных станций оросительных систем. Автореф. дис...канд. тех. наук. – Ташкент: ТИМИ. 2012. – 24 с.	Shokirov B. Uluchshenie gidravlicheskih kharakteristik vodopriyomnykh kamer nasosnykh stantsiy orositelnykh sistem [Improving the hydraulic characteristics of the water intake chambers of pumping stations of irrigation systems]. Abstract. dis ... cand. those. Science. Tashkent: TIMI. 2012. 24 p. (in Russian)
6	Мамажонов М. Анализ эксплуатационных условий работы насосных станций сельскохозяйственного назначения// Вестник аграрной науки Узбекистана. Таш ГАУ. – Ташкент, 2004. – № 1. – С.77-80.	Mamazhonov M. Analiz ekspluatatsionnykh usloviy raboty nasosnykh stantsiy selskokhozyaystvennogo naznacheniya [Analysis of operating conditions of pumping stations for agricultural purposes]. Bulletin of the Agrarian Science of Uzbekistan. Tash GAU. Tashkent: 2004, No.1, Pp. 77-80. (in Russian)
7	Гловатский О.Я., Эргашев Р.Р., Рустамов Ш.Р. Эксплуатация и исследования крупных насосных станций. LAP LAMBERT Academic Publishing - 2013.-1816.	Glovatsky O.Ya., Ergashev R.R., Rustamov Sh.R. Ekspluatatsiya i issledovaniya krupnykh nasosnykh stansiy [Operation and research of large pumping stations]. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013. 181 p. (in Russian)

8	О.Я.Гловацкий, Р.Р.Эргашев, Б.Т.Холбутаев Повышение эксплуатационной надежности оросительных насосных станций. "Ер ресурсларини бошқариш ва муҳофаза қилишда инновацион ёндашувлар: муаммо ва креатив ечимлар" мавзусида республика илмий амалий анжумани. Тошкент, 2019. 22-23 апрель. – Б.209-213.	O.Ya. Glovatsky, R.R.Ergashev, B.T.Kholbutaev <i>Povyshenie ekspluatatsionnoy nadezhnosti orasitel'nykh nasosnykh stansiy</i> [Improving the operational reliability of irrigation pumping stations]. Republican scientific-practical conference "Innovative approaches to the management and protection of land resources: problems and creative solutions." Tashkent 2019. April 22-23. Pp. 209- 213. (in Uzbek)
9	Мажидов Т. «Аму-Занг-1», «Аму-Занг-2» ва «Боботоғ» насос станцияларининг биргаликда ишлаш режими түғрисида тавсияномалар ишлаб чиқиш ва тадбиқ этиши». Илмий-техник ҳисобот, ТИМИ. – Тошкент, 2013. – 109 б.	Majidov T. "Amu-Zang-1", "Amu-Zang-2" va "Bobotog" nasos stansiyalarining birgalikda ishlash rezhimi tugrisidatavsyanomalar ishlab chikish va tadbik etish [Development and implementation of recommendations on the mode of operation of pumping stations Amu-Zang-1", "Amu-Zang-2" and "Bobotog"], Scientific and Technical Report, TIMI, Tashkent, 2013. 109 p. (in Uzbek)
10	Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У. Энергоэффективные технологии при эксплуатации насосных станций. Монография. – Ташкент, 2012. – 102 с.	Muhammadiev M.M., Urishev B.U. <i>Energoeffektivniy tekhnologii pri ekspluatatsii nasosnykh stansiy</i> [Energy-efficient technologies in the operation of pumping stations]. Monograph. Tashkent, 2012, 102 p. (in Russian)
11	Рахимов Ш.Х., Бегимов И., Гаффоров Х.Ш. Необходимые условия оптимальности распределения воды в каналах ирригационных систем в условиях дискретности водоподачи // Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2014. – №3-4. – С. 48-54.	Rakhimov Sh. Kh., Begimov I., Gafforov H.Sh. <i>Neobkhodimye usloviya optimal'nosti raspredeleniya vody v kanalakh irrigatsionnykh sistem v usloviyakh diskretnosti vodopadachi</i> [Necessary conditions for optimality of water distribution in the channels of irrigation systems in conditions of discrete water supply] Problems of Informatics and Energy. Tashkent, 2014. No 3-4. Pp. 48-54. (in Russian)
12	Мухамедов Я.С. Русловые деформации основного русла реки Амудары в районе бесплотинного водозабора и в зоне интенсивного размыва // Труды VI Всероссийского Гидрологического съезда. – СПб., 2004. – Ташкент. – С. 76-78.	Mukhamedov Ya.S. <i>Ruslovye deformatsii osnovnogo rusla reki Amudari v rayone besplotinnogo vodozabora i v zone intensivnogo razmyva</i> [Channel deformations of the main channel of the Amu Darya river in the area of damless water intake and in the zone of intensive erosion] Transactions of the VI All-Russian Hydrological Congress. SPb., 2004. Tashkent. Pp. 76-78. (in Russian)
13	Очилов Р.О., Уралов Б.Р., Гловацкий О.Я. Новые методы очистки подводящего канала Каршинского магистрального канала. Гидротехника иншоотларининг самардорлигини, ишончлилиги ва хавфсизлигини ошириш мавзусидаги республика илмий амалий конференция. – Ташкент, 2012. – Б. 396-399.	Ochilov R.O., Uralov B.R., Glovatskiy O.Ya. <i>Novye metody ochistki podvodyashchego kanala Karshinskogo magistr'chnogo kanala</i> [New methods of cleaning the submerged canal Karshinskogo main canal]. Republican scientific-practical conference on improving the efficiency, reliability and safety of hydraulic structures Tashkent-2012. Pp. 396-399. (in Russian)
14	Д.Р.Базаров, Ф.Қ. Артиқбекова, З.Ўразмуҳамедова. Насос станциялари тизимидағи каналларда сув оқимининг харакатини математик моделлаштиришда қўлланиладиган гидродинамик тенгламалар системаси // "Irrigatsiya va melioratsiya" журнали. – Ташкент, 2019. – №2(16). – Б.20-23.	D.R.Bazarov, F.Q. Artikbekova, Z.Urazmuhamedova <i>Nasos stansiyalari tizimidagi kanallarda suv okimining kharakatini matematik modelllashtirishda kullaniladigan gidrodinamik tenglamalar sistemasi</i> [System of hydrodynamic equations used in mathematical modeling of water flow in canals in the system of pumping stations]. Journal "Irrigatsiya va Melioratsiya". Tashkent, 2019. No2(16). Pp.20-23. (in Uzbek)
15	Эргашев Р.Р., Тошматов Э., Жовлиев Ў. Насос станцияларини оқизиклардан ҳимоя қилиш // AGRO ILM «O'ZBEKISTON QISHLOQ XO'JALIGI» JURNALI ILMUY ILOVASI. – Ташкент, 2011, – №3. – Б.65-66.	Ergashev R.R., Toshmatov E., Jovliev O. <i>Nasos stansiyalarini okiziklardan khimoya kilish</i> [Protection of pump stations from leaks]. SCIENTIFIC APPENDIX OF AGRO ILM MAGAZINE "UZBEKISTAN AGRICULTURE". Tashkent, 2011; No3. Pp.65-66. (in Uzbek)
16	Базаров Д.Р., Норкулов Б.Э., Рузимухаметова Д.М. Изменение гидрологического режима реки при бесплотинном водозаборе (на примере водозабора АБМК) «Архитектура, курилиш, дизайн» 4, 2011. Изд. ТАСИ, – Ташкент, 2011. – С. 39-42.	Bazarov D.R., Norkulov B.E., Ruzimuxametova D.M. <i>Izmenenie gidrologicheskogo rezhima reki pri besplotinnom vodozabore</i> (na primere vodozabora ABMK) «Architecture, construction, design» 4, 2011g. Izd. TASI, Tashkent, 2011 Pp. 39-42. (in Russian)
17	Румахеранг В.М. Расчет кавитационных показателей гидромашины // Гидромашины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика: сборник докладов. Труды 15-й международной научно-технической конференции студентов и аспирантов. – Москва: МГТУ, 2011. – С. 30-36.	Rumakherang V.M. <i>Raschet kavitationnykh pokazateley gidromashiny</i> [Calculation of cavitation indicators of a hydraulic machine] Hydraulic machines, hydraulic drives and hydropneumatic automation: collection of reports. Proceedings of the 15th international scientific and technical conference of students and graduate students. Moscow: MSTU, 2011. Pp.30-36. (in Russian)
18	A.I.Dzhurabekov, Sh.R. Rustamov, O.Ya. Glovatsky The mechanism of cavitation and hydroabrasive wear of centrifugal pumps of irrigation pumping stations // Collection of scientific works, SIC ICWC of Central Asia, Tashkent, 2017. Pp.153-159	A.I.Dzhurabekov, Sh.R. Rustamov, O.Ya. Glovatsky The mechanism of cavitation and hydroabrasive wear of centrifugal pumps of irrigation pumping stations // Collection of scientific works, SIC ICWC of Central Asia, Tashkent, 2017. Pp.153-159
19	Б.Т.Холбутаев, Х.С.Хусанбаева Аванкамерадаги сув уормаларининг насос курилмасига тъсири. Ўзбекистон аграр фани хабарномаси. – Ташкент, 2019. №4/2 (78) – Б. 290 -291.	BTKholbutaev, H.S.Khusanbaeva Avankameradagi suv uuymalarining nasos kurilmasisiga ta'siriga [Influence of water buoys in the avankamera on the pumping device]. Bulletin of Agrarian Science of Uzbekistan No4. 2 (78) 2019. Pp. 290-291. (in Uzbek)
20	Петренко С. Е. Параметры надежности эксплуатации насосных станций и мероприятия по их повышению // Инженерный вестник Дона. – Ташкент, 2010. – №4. – С. 110-114.	Petreenco C. E. <i>Parametry nadezhnosti ekspluatatsii nasosnykh stantsiy i meropriyatiya po ikh povisheniyu</i> [Parameters of reliability of operation of pumping stations and measures to improve them] Engineering Bulletin of the Don. Tashkent, 2010. No4. C. 110-114. (in Russian)

УДК: 622.79:622.7-17

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЙ И УДЕЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ В ЗАКРУЧЕННОМ ПОТОКЕ КОНФУЗОРА

А.А. Янгиеев - д.т.н., профессор, Д.С. Аджимуратов - докторант

Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства Ташкент

**Аннотация**

В статье показаны преимущества применения конфузорного участка в отводящей части вихревого водосброса, что может быть более рациональным с точки зрения обеспечения бескавитационной работы завихрителя потока. Приведен аналитический метод и разработана программа расчета аэрированного закрученного потока в конфузорном участке вихревого водосброса, и его соответствие экспериментальным результатам, который позволяет быстро и достаточно точно выполнять анализ распределения давления и удельной энергии в закрученном потоке по длине конфузора при разных углах конусности.

**Ключевые слова:** вихревые шахтные водосбросы, камера гашения, кавитационная эрозия, давление и удельная энергия, конфузорный участок, закрученный поток.

## КОНФУЗОРДА БУРАМА ОҚИМЛАРДАГИ БОСИМ ВА СОЛИШТИРМА ЭНЕРГИЯНИНГ ТАҚСИМЛАНИШИ

А.А. Янгиеев - т.ф.д., профессор, Д.С. Аджимуратов - докторант

Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш мұхандислари институти

**Аннотация**

Мақолада уюрма сув ташлагичлар сув олиб кетувчи қисмida конфузор қўллашнинг сув айлантирувчи мосламанинг кавитациясиз ишлашини таъминлаш жиҳатдан афзаллиги келтирилган. Уюрма сув ташлагич конфузор участкасида аэрацияли бурама оқимни аналитик ҳисоблаш усули келтирилган ва программа ишлаб чиқилган. Бу усул конфузор узунлиги бўйича унинг конусли бурчаги ҳар хил бўлган ҳолларда бурама оқимнинг босим ва солиштирма энергиясининг тарқалиши таҳлиллини тез ва аниқ бажаришга имкон беради.

**Таянч сўзлар:** уюрмали шахтами сув ташлама, сўндириш камераси, кавитацион өмирилиш, босим ва солиштирма энергия, конфузорли участка, бурама оқим.

## DISTRIBUTION OF PRESSURE AND SPECIFIC ENERGY IN THE TWIRLED STREAM FOR CONFUSOR

A.A. Yangiev - d.t.s., professor, D.S. Adjimuratov - PhD student

Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers

**Abstract**

Article brings up the advantage of confusor part application in outflow part of vortex spillway, which may be more rational from the point of view of providing non-cavitation operation of flow swirler. Analytical design method and program developed is given of pressure and specific energy for aerated part of swirled flow in vortex spillway confusor part, which match with experimental results, it allows for fast and quite accurate realization of distribution analysis for pressure and specific energy in swirled flow along the length of the confusor for various rates of taper.

**Key words:** vortex mine spillways, quenching chamber, cavitation erosion, pressure and specific energy, confuser section, swirling flow.



**Введение.** В водохранилищных гидроузлах с напором 200-300 м скорость воды в отводящем туннеле достигает 50-70 м/сек. Такие высокоскоростные потоки обладают рядом специфических особенностей: возникают процессы аэрации, кавитационные явления и кавитационная эрозия, происходит размытие берегов в нижнем бьефе; неоднородность потока может вызывать другие явления в гидротехнических сооружениях, происходит нарушение надежной работы гидроузлов, возникают проблемы гашения избыточной энергии. Внедрение вихревых шахтных водосбросов с использованием закрученных потоков даёт возможность решения выше указанных проблем [1, 2, 3].

**Методы решения.** В исследованиях отводящая часть вихревого водосброса рассматривалась, как конфузорный участок с последующей камерой гашения. Конфузорный участок, также как и цилиндрический водовод, работает в условиях пропуска закрученного потока. Визуальные наблюдения показали, что по длине конфузора происходит выравнивание структуры закрученного потока и в конце его поток более прозрачен и устойчив по сравнению с потоком в цилиндрическом водоводе. Закрученный поток с ядром, выходящим из конфузора, следует далее в камеру

гашения, выполненной в виде цилиндрического участка или участка корытообразного поперечного сечения. Наличие за конфузором камеры гашения и безнапорного туннеля позволяет быстро преобразовать закрученный поток в осевой. По длине конфузора уменьшение энергии не столь резко по сравнению с пьезометрическим давлением, что связано с увеличением кинетической энергии потока за счет увеличения осевых скоростей потока по длине конфузора. Увеличение сжатия в конце конфузора приводит к уменьшению пропускной способности водосброса, но трансформация закрученного потока в осевой происходит при достаточно высокой эффективности гашения на коротком участке. Кроме того, исследования показали, что использование конфузорного участка может быть более рациональным с точки зрения обеспечения бескавитационной работы завихрителя потока (рис.1) [4, 5, 6, 7].

**Анализ результатов и примеры.** В работах [8, 9, 10] даётся аналитический метод расчета аэрированного закрученного потока в цилиндрическом водоводе, в которой даны результаты сопоставления экспериментальных и теоретических исследований. При этом для исследования процесса аэрации и определения гидродинамических и

гидравлических параметров наряду с диффузионным перемешиванием, при интенсивном массообмене применяется теория многофазных взаимопроникающих и взаимодействующих сред Х.А. Рахматуллина [11].

После многочисленных преобразований для компонент вектора скорости частиц дисперсной смеси получено уравнение в виде [12, 13]:

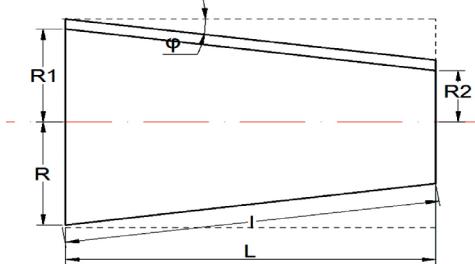


Рис.1. Схема конфузурного участка вихревого водосброса

$$2\hat{u}_{\theta} \frac{\partial \hat{u}_{\theta}}{\partial z} + \frac{\partial^2 \hat{u}_{\theta}}{\partial r \partial z} = \frac{1}{Re_*} \left\{ \frac{\partial}{\partial r} \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial \hat{u}_{\theta}}{\partial r} \right) \right] + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} r \frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{1}{r} \frac{\partial \hat{u}_{\theta}}{\partial r} \right) \right\} \quad (1)$$

$$\hat{u}_{\theta} \frac{\partial \hat{u}_{\theta}}{\partial z} = \frac{1}{Re_*} \left[ \left( 1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) \left( \frac{\partial^2 \hat{u}_{\theta}}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \hat{u}_{\theta}}{\partial r} \right) - \left( 1 - \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) r \frac{\partial \hat{u}_{\theta}}{\partial r} \right]$$

С целью получения точного решения уравнений (1) вводится автомодельная переменная в виде:

$$y = \frac{Re_* \hat{r}^2}{4\hat{z}} \quad (2)$$

Для приведения уравнения (1) к обыкновенному дифференциальному уравнению определяются производные от  $y$ :

$$\frac{\partial y}{\partial r} = \frac{2y}{\hat{r}}, \quad \frac{\partial y}{\partial z} = -\frac{y}{\hat{z}}$$

Учитывая эти равенства уравнение (1) приводится к обыкновенным дифференциальным уравнениям для компонент вектора скорости дисперсной смеси и (тангенциальные и осевые компоненты):

$$-y \left[ \frac{\partial \hat{u}_{\theta}}{\partial y} \frac{d \hat{u}_{\theta}}{dy} + \frac{d}{dy} \left( y \frac{d \hat{u}_{\theta}}{dy} \right) \right] = \frac{d}{dy} \left[ y \frac{d}{dy} \left( y \frac{d \hat{u}_{\theta}}{dy} \right) + \left( 1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) \frac{d}{dy} \left( y \frac{d \hat{u}_{\theta}}{dy} \right) \right] \quad (3)$$

$$(1 - \varepsilon^*) \frac{d \hat{u}_{\theta}}{dy} + \frac{d}{dy} \left( y \frac{d \hat{u}_{\theta}}{dy} \right) = 0$$

$$\text{где: } \varepsilon^* = \frac{\varepsilon_t}{1 + \varepsilon_t} \hat{u}_{z0}$$

Решение уравнения (4) имеет вид

$$u_{\theta} = \frac{\Gamma_{n\theta}}{r} \left( \operatorname{erf}(\sqrt{y}) - \frac{2\sqrt{y}e^{-y}}{\sqrt{\pi}} \right)$$

$$u_{\theta} = \frac{f_1 u_{1\theta} + \hat{\rho} f_2 u_{2\theta}}{f_1 + \hat{\rho} f_2}$$

Уравнение (3) можно написать в виде:

$$-\frac{1}{2} \frac{du_{cm\theta}^2}{dy} = \frac{d}{dy} \left[ y \frac{d}{dy} \left( y \frac{du_{cm\theta}}{dy} \right) \right] + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \frac{d}{dy} \left[ y \frac{d}{dy} \left( y \frac{du_{cm\theta}}{dy} \right) \right] = 0$$

В уравнение (4) введем функцию  $\Phi_0(y)$  в виде:

$$\Phi_0(y) = y \frac{d \hat{u}_{\theta}}{dy} \quad (5)$$

тогда получается уравнение для введенной функции  $\Phi_0(y)$ :

$$-\frac{1}{2} \frac{du_{cm\theta}^2}{dy} = \frac{d}{dy} \left[ y \frac{d \Phi_0(y)}{dy} \right] + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \frac{d}{dy} \left[ y \frac{d \Phi_0(y)}{dy} \right] = 0 \quad (6)$$

Интегрируя по  $y$  имеем при  $y=0$   $\Phi_0(0)=0$ .

$$u_{cm\theta}^2 - u_{cm\theta}^0 = y \frac{d \Phi_0(y)}{dy} + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} y \frac{d \Phi_0(y)}{dy} = 0$$

Учитывая условия для осевой скорости и равенства

(5) получены следующие выражения для осевой скорости смеси: для ламинарного режима течения:

$$\frac{d \Phi_0(y)}{dy} = \frac{\hat{u}_{\theta}^2 - \hat{u}_{n\theta}^2}{y}$$

$$\text{или } \Phi_0(y) = \int_0^y \frac{\hat{u}_{\theta}^2 - \hat{u}_{n\theta}^2}{y} dy$$

при турбулентном режиме течения уравнения приводятся к уравнениям (4) и их решения при вышеотмеченных условиях будут иметь вид [14]:

$$\begin{aligned} u_{n\theta} &= \frac{1 - r_0^2}{x_t^2 (1 - r_z^2)} \left\{ 1 - (1 + D \sqrt{\frac{\lambda}{8}}) [\exp(-x_t) - \exp(-x_t r_z^2) + x_t (1 - r_z^2) \exp(-x_t r_z^2)] + \right. \\ &+ \beta \sqrt{\frac{\lambda}{8}} [(1 + x_t) \exp(-x_t) - (1 + x_t r_z^2) \exp(-x_t r_z^2)] - \frac{1}{2\chi} \sqrt{\frac{\lambda}{8}} [\exp(-x_t) - \\ &- \exp(-x_t r_z^2) - 2(1 + x_t r_z^2) \exp(-x_t r_z^2) \ln(r_z) - Ei(-x_t) + Ei(-x_t r_z^2)] - \\ &- \frac{\exp(-x_t) - \exp(-x_t r_z^2)}{x_t (1 - r_z^2)} - \exp(-y_t) (1 - (1 - r_0^2) [(1 + D \sqrt{\frac{\lambda}{8}}) (1 - r_z^2) + \beta \sqrt{\frac{\lambda}{8}} r_z^2 - \\ &- \frac{1}{\chi} \sqrt{\frac{\lambda}{8}} r_z^2 \ln r_z]) + \Gamma_{n\theta}^2 \frac{1}{2(1 - r_z^2)} \frac{4}{\pi} [(1 + x_t) \exp(-x_t) - (1 + x_t r_z^2) \exp(-x_t r_z^2)] - \\ &- \frac{2}{\pi} [\exp(-2x_t) - \exp(-2x_t r_z^2)] - (1 + \frac{1}{\pi}) \exp(-x_t) [2 - \exp(-x_t) + 2 \ln(x_t) - 2Ei(-x_t)] + \\ &+ (1 + \frac{1}{\pi}) \exp(-x_t r_z^2) [2 - \exp(-x_t r_z^2) + 2 \ln(x_t r_z^2) - 2Ei(-x_t r_z^2)] + \\ &+ [3 + \frac{2}{\pi} - 2x_t (1 + \frac{1}{\pi})] [Ei(-x_t) - Ei(-2x_t)] - [3 + \frac{2}{\pi} - 2x_t r_z^2 (1 + \frac{1}{\pi})] [Ei(-x_t r_z^2) - Ei(-2x_t r_z^2)] + \\ &+ \exp(-x_t r_z^2) [Ei(x_t) - 2 \ln(x_t) + Ei(-x_t)] - \exp(-x_t r_z^2) [Ei(x_t r_z^2) - 2 \ln(x_t r_z^2) + Ei(-x_t r_z^2)] - \\ &- \frac{\Gamma_{n\theta}^2}{2r_z^2} [1 - \exp(-y_t)] + \frac{2\Gamma_{n\theta}^2}{\pi} x_t \exp(-y_t) [y_t - \exp(-y_t)] + \Gamma_{n\theta}^2 x_t (1 + \frac{1}{\pi}) [Ei(-y_t) - Ei(-2y_t)] - \\ &- \Gamma_{n\theta}^2 x_t \exp(-y_t) (1 + \frac{1}{\pi}) [\ln(y_t) - Ei(-y_t)] + \frac{\Gamma_{n\theta}^2}{2} x_t \exp(-y_t) [Ei(y_t) - 2 \ln(y_t) + Ei(-y_t)] \end{aligned}$$

Функция  $\hat{u}_{\theta}(y)$  определяется из решения дифференциального уравнения (4), при граничных условиях:

$$u_{cm\theta}(0) = \frac{\dot{u}_{cm\theta}}{r} = \frac{\Gamma_{n\theta}}{r} = r\omega_0 \quad (7)$$

где:  $\Gamma_{n\theta}$  - циркуляция скорости  $\dot{u}$ ,  $\omega_0$  - угловая скорость частиц дисперсной смеси. Интегрируя уравнение (4) при граничном условии (7) имеем:

$$\varepsilon^* \left( \hat{u}_{\theta} - \hat{u}_{n\theta} \right) + \frac{d \hat{u}_{\theta}}{dy} - \left( \frac{d \hat{u}_{\theta}}{dy} \right)_{y=0} = 0$$

Откуда получено уравнение:

$$\frac{d \hat{u}_{\theta}}{dy} = 1 + \varepsilon^* \hat{u}_{n\theta}$$

Решением этого уравнения будет:

$$\hat{u}_{n\theta}^* = \hat{u}_{n\theta} \exp(-\varepsilon_1^* y)$$

$$\varepsilon^* = \frac{\varepsilon_t}{1 + \varepsilon_t}, \quad \varepsilon_1^* = 1 + \varepsilon^*$$

Тогда уравнение напишется в виде:

$$\frac{1}{y} \frac{d(y\Phi_0(y))}{dy} = - \left( -2\varepsilon^* \dot{u}_{cm\theta} \exp(-2\varepsilon_1^* y) \right)$$

$$\text{или } \frac{d(y\Phi_0(y))}{dy} = 2\varepsilon^* \dot{u}_{cm\theta} y \exp(-2\varepsilon_1^* y)$$

Интегрируя последнее уравнение определяется искомая функция  $\Phi_0$ :

$$\Phi_0(y) = \int_0^y y^* \exp(-y^*) dy^*$$

Интегрируя  $\Phi_0$  по частям имеем: для тангенциальной скорости:

$$\hat{u}_{n\theta} \left( -\frac{y}{z} \frac{d \hat{u}_{\theta}}{dy} \right) = \frac{4y}{Re_* r^2} \left( 1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) \left[ \frac{d}{dy} \left( y \frac{d \hat{u}_{\theta}}{dy} \right) \right]$$

Для интегрирования этого уравнения вводится функция:

$$F(y) = y \frac{d \hat{u}_{\theta}}{dy} \quad (8)$$

Тогда дифференциальное уравнение приводится к урав-

$$\text{нению Эйлера: } \left(1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon}\right) \frac{dF(y)}{dy} + F(y) = 0$$

Решение приведено к виду [15,16] :

$$F(y) = e^{\lambda y} \quad (9)$$

$$\lambda \left(1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon}\right) e^{\lambda y} + e^{\lambda y} = 0$$

Тогда уравнение (9) дает следующее выражение для определения параметра  $\lambda$  :

$$\lambda = -\frac{u_{cmz}}{1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon}} \quad (10)$$

$$F(y) = \exp\left(-\frac{yu_{cmz}}{1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon}}\right) + c$$

Учитывая граничные условия (9) определяются постоянные интегрирования в виде [17,18] :

$$\text{при } y=0 \frac{du_{ni\theta}}{dy} \ll \infty, y \rightarrow \infty, c=1$$

Таким образом, искомая функция с учетом (10) примет вид:

$$F(y) = 1 - \exp\left(-\frac{yu_{cmz}}{1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon}}\right)$$

Тогда из равенства (8) получается следующее уравнение для тангенциальной скорости:

$$\frac{du_{ni\theta}}{dy} = \frac{1 - \exp\left(-\frac{yu_{ni\theta}}{1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon}}\right)}{y}$$

Интегрируя имеем выражение для тангенциальной скорости:

$$\hat{u}_{ni\theta} = \ln y - \frac{\varepsilon_t}{u_{ni\theta}} Ei\left[\frac{yu_{ni\theta}}{1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon}}\right] + c_2$$

Коэффициент определяется из условия  $\hat{u}_{ni\theta}(r,0) = u_{ni\theta}$ .

Распределение давления согласно [19, 20]:

$$p = p_0 + \frac{V_{10}^2 + V_{20}^2}{2} - \frac{1}{2} \frac{f_1 V_1^2 + \hat{\rho} f_2 V_2^2}{f_1 + \hat{\rho} f_2}$$

Из уравнения определим распределение давлений и удельной энергии по равенству:

$$e(\hat{r}, \hat{z}) = \frac{1}{\hat{\rho}} p(\hat{r}, \hat{z}) + \frac{1}{f_1(f_1 + \hat{\rho} f_2)} u_{1z}^2 + \frac{1}{f_2(f_1 + \hat{\rho} f_2)} u_{2z}^2 + \frac{1}{f_1(f_1 + \hat{\rho} f_2)} u_{1\theta}^2 + \frac{1}{f_2(f_1 + \hat{\rho} f_2)} u_{2\theta}^2$$

где :  $\rho = \rho_1 + \rho_2 = \rho_{li}(f_1 + \hat{\rho} f_2)$ ,  $\hat{\rho} = \frac{\rho_{2i}}{\rho_{li}}$

Распределение давления и удельной энергии для конфузорного участка ведутся по выше указанным уравнениям с учетом угла конусности, при этом радиус в любой точке толщины закрученного потока соответствует углу конусности конфузора или  $R_1 = R_i / \cos \varphi$ ,  $R_2 = R_j / \cos \varphi$ . По составленной программе построены графики распределения давления и удельной энергии в закрученном потоке по длине конфузора при разных углах конусности. На рис. 2, 3 показаны графики при угле конусности  $60^\circ$ .

Расчеты выполнены для трубы диаметром в створах, расположенных на расстояниях 1,4,16,64 радиусов от начала трубы при числе Рейнольдса  $Re = 6,5 \cdot 10^4$ . Графики распределения давлений в потоке в функции радиуса и расстояния от входного створа в горизонтальной трубе показаны на рис.2. Можно видеть, что, если в начале конфузора давление значительно возрастает по радиусу от центра к стенкам, но после расстояния в 16 радиусов от входа закрутка практически не оказывает влияние на распределение давления по сечению. Как видно, применение

конфузорного участка в начале отводящего водовода даёт возможность резкого возрастания давления на стенках завихрителя и тем самым снизить опасность возникновения здесь кавитации. Таким образом, в закрученном потоке давление нарастает от центра к стенкам трубы с градиентом, равным центробежному ускорению  $u^2/4$ . Для высоконапорных гидротехнических туннельных водосбросов это позволяет обеспечить на обтекаемых облицовках существенное избыточное давление, особенно на начальных участках водоводов, где велики скорости потока, и тем самым снизить опасность возникновения здесь кавитации, а при ее возникновении за счет выталкивающей силы, действующей в поле центробежных сил, вынести кавитационный факел внутрь потока вдоль от стенок трубы. Графики распределения удельной энергии в потоке показаны на рис. 3.

В начале конфузора удельная энергия значительно возрастает по радиусу от центра к стенкам, но после расстояния в 16 радиусов от входа закрутка практически не оказывает влияние на распределение удельной энергии по сечению, потому что, осевые скорости по длине конфузора резко увеличиваются по сравнению с цилиндром, что приводит к затуханию закрутки потока, следовательно про-

исходит гашение энергии потока на коротком участке туннеля, что соответствует экспериментальным результатам.

По разработанной автором и программами для ЭВМ можно рассчитать все характеристики закрученного потока при разных створах конфузора с разными углами конусности и с разными концентрациями воздуха для разных исходных параметров и размеров, что проектировщику в ускоренном темпе дает возможность иметь

Рис.2. График распределения давления в закрученном потоке по длине конфузора при угле конусности  $60^\circ$

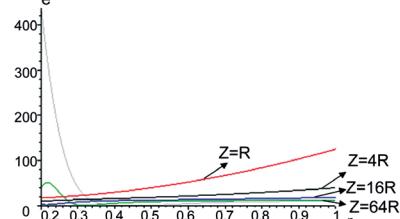


Рис.3. График распределения удельной энергии в закрученном потоке по длине конфузора при угле конусности  $60^\circ$

представление о характеристиках закрученного потока.

**Выводы.** Применение конфузорного участка в отводящей части вихревого водосброса рационально с точки зрения обеспечения бескавитационной работы завихрителя потока.

• В начале конфузора давление значительно возрастает по радиусу от центра к стенкам, применение конфузорного участка в начале отводящего водовода даёт возможность резкого возрастания давления на стенках завихрителя и тем самым снизить опасность возникновения здесь кавитации.

• Приведен аналитический метод и разработана программа расчета давления и удельной энергии аэриированного закрученного потока в конфузорном участке вихревого водосброса.

• Аналитический метод расчета рекомендуется для использования при проектировании вихревых водосбросов, он позволяет быстро и достаточно точно выполнить анализ распределения давления и удельной энергии в закрученном потоке по длине конфузора при разных углах конусности.

№	Литература	References
1	Волшаник В.В., Зуйкова А.Л., Мордасов А.П. Закрученные потоки в гидротехнических сооружениях. – Москва: Энергоавтомиздат, 1990. – 230 с.	Volshanik V.V., Zuykova A.L., Mordasov A.P. <i>Zakruchennye potoki v gidrotehnicheskikh sooruzheniyakh</i> [The twirled streams in hydraulic engineering constructions] Moscow, Energoavtomizdat, Publ, 1990. 230 p. (in Russian).
2	Зуйкова А.Л., Волшаник В.В. Аналитическое исследование структуры закрученного потока вязкой несжимаемой жидкости в цилиндрической трубе. – Москва, 2001. – 155 с.	Zuykova A.L., Volshanik V.V. <i>Analiticheskoe issledovanie strukturny zakruchennego potoka vyazkoy neszhimaemoy zhidkosti v tsilindrcheskoy trube</i> [Analytical research of structure twirled a stream of a viscous incompressible liquid in a cylindrical pipe] Publ, 2001. 155 p. Moscow (in Russian).
3	Исаев Ш.Р., Рузметов М.И., Хамидов А.А. Осесимметрическая задача о распределении скорости и концентрации в закрученном потоке дисперской смеси// Международная конференция «Современные проблемы механики». – Санкт-Петербург, 2009. часть-1. – С. 36-42.	IsakovSh.R., Ruzmetov M.I., Khamidov A.A. <i>Osesimmetrichyaya zadacha o raspredelenii скорости i kontsentratsii v zakruchennom potoke dispersnoy smesi</i> [Osesimmetrik problem about distribution of speed and concentration in the twirled stream of a disperse mix] The international conference «Modern problems of mechanics» Sankt-Peterburg, Publ, 2009. Part-1. Pp 36-42. (in Russian).
4	Животовский Б.А. Гидравлика закрученных потоков и их применение в гидротехнике. Дис. докт. техн. наук. – Москва: ВНИИ ВОДГЕО, 1986. – 325 с.	Jivotovskiy B.A. <i>Gidravlika zakruchennykh potokov i ikhprimenenie v gidrotehnike</i> [Hydraulics of the twirled streams and their application in hydraulic engineering] Dis. doct. tekhn. nauk. VNII, VODGEO, Publ, 1986. 325 p. Moscow. (in Russian)
5	Животовский Б.А. Закрученный поток в цилиндрической трубе// Тр. УДН: Речная гидравлика и гидротехника, Москва, 1977, – С. 148-158.	Jivotovskiy B.A. <i>Zakruchennykh potok v tsilindrcheskoy trube</i> [The twirled stream in a cylindrical pipe] Tr. UDN. River hydraulics and hydraulic engineering, Moscow. Publ, 1977. Pp 148-158. (in Russian)
6	Ханов Н.В. Вихревые водосбросы с наклонной шахтой и тангенциальным завихрителем// Дис. кандтехн. наук. МГМИ. – Москва, 1994. – 169 с.	Khanov N.V. <i>Vikhrevye vodosbrosy s naklonnoy shaktoj I tangentsial'nym zavikhritelem</i> [Vortical spillways with inclined mine and tangential for swirler] Dis. kand. tekhn. nauk. MGMI, Moscow. Publ, 1994. 169 p. (in Russian).
7	Янгияев А.А. Оценка энергогасящей способности элементов отводящего тракта высоконапорных вихревых водосбросов// Автoref. дис. канд. техн. наук. МГМИ. – Москва, 1991. – 19 с.	Yangiev A.A. <i>Otsenka energogasyashhey sposobnosti elementov otvoda-shchego trakta vysokonapornykh vikhrevykh vodosbrosov</i> [Estimation energy of clearing of ability of elements of a taking away path of highly pressure head vortical spillways] Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk. MGMI, Moscow. Publ, 1991. 19 p. (in Russian).
8	Янгияев А.А. Гидравлический расчет пропускной способности вихревых водосбросов// Вопросы мелиорации, – Москва, 2001. №5-6, – С. 90-93.	Yangiev A.A. <i>Gidravlicheskiy raschet propusknoy sposobnosti vikhrevykh vodosbrosov</i> [Hydraulic calculation of throughput of vortical spillways] Land improvement questions, Publ, 2001. No 5-6, Pp.90-93. Moscow. (in Russian).
9	Янгияев А.А. Закручивающее устройство шахтных водосбросов// "O'zbekiston qishloq xo'jaligi". – Ташкент, 2005. №5, – 35 с.	Yangiev A.A. <i>Zakruchivayushchee ustroystvo shakhtrykh vodosbrosov</i> [The twisting device of mine spillways] «Agricultural Uzbekistan» Publ, No5, Tashkent, 2005. 35 p. (in Russian)
10	Янгияев А.А. Гидродинамическое моделирование аэрированного потока в цилиндрической трубе. «O'zbekiston qishloq xo'jaligi» – Ташкент, 2008, №1. – С. 51-53.	Yangiev A.A. <i>Gidrodinamicheskoe modelirovaniye aerirovannogo potoka v tsilindrcheskoy trube</i> [Hydrodynamic modelling of the aerated stream in a cylindrical pipe] «Agricultural Uzbekistan» Publ, Part-1, 2008. Tashkent, Pp. 51-53. (in Russian)
11	Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред// – Москва, 1987. – 464 с.	Nigmatulin R.I. <i>Dinamika mnogo faznykh sred</i> [Dynamics of multiphase environments] Nauka, Moscow. Publ, 1987. 464 p. (in Russian)
12	Рахматуллин Х.А. Газовая и волновая динамика// МГУ, – Москва, 1962. – 258 с.	RakhmatullinKh.A. <i>Gazovaya i volnovaya dinamika</i> [Gas and wave dynamics] MGU, Moscow. Publ, 1962. 258 p. (in Russian)
13	Файзуллаев Д.Р., Умаров О.И., Шокиров А.О. Гидродинамика одно и многофазных сред// – Ташкент: Фан, 1980. – 168 с.	Fayzullaev D.R., Umarov O.I., Shokirov A.O. <i>Gidrodinamika odno / mnogofaznykh sred</i> [Hydrodynamics of one and multiphase environments] Tashkent, Fan, Publ, 1980. 168 p. (in Russian)
14	Янгияев А.А. Совершенствование конструкций, расчетного обоснования и эксплуатационной надежности вихревых шахтных водосбросов высоконапорных гидроузлов // Автoref. дис. докт. техн. наук. – Ташкент, 2016. – 25 с.	Yangiev A.A. <i>Sovershenstvovanie konstruktsiy, raschetnogo obosnovaniya i eksplyuatatsionnoy nadejnosti vikhrevykh shakhtrykh vodosbrosov vysokonapornykh gidrouzlov</i> [Perfection of designs, settlement substantiation and operational reliability of vortical mine spillways of highly pressure head hydroknots] Avtoref. dis. doct. tekhn. nauk. Tashkent, Publ, 2016. 25 p. (in Russian)
15	Файзуллаев Д.Р. Гидромеханические модели движения// – Ташкент: Фан, 1985. – 285 с.	Fayzullaev D.R., <i>Gidromekhanicheskie modelidvizhenie</i> [Hydro-mechanical models of movement] Tashkent, Fan, Publ, 1985. 285 p. (in Russian)
16	Хамидов А.А., Худойкулов С.И. Теория струй многофазных вязких жидкостей// – Ташкент: Фан, 2003. – 140 с.	Khamidov A.A., Khudoikulov S.I. <i>Teoriya struy mnogofaznykh vyazkikh zhidkostey</i> [The theory of streams of multiphase viscous liquids] Tashkent, Fan, Publ, 2003. 140 p. (in Russian)
17	Хамидов А.А., Худойкулов С.И., Махмудов И.Э. Гидромеханика// – Ташкент: Фан, 2008. – 140 с.	Khamidov A.A., KhudoikulovS.I., Makhmudov.I.E. <i>Gidromekhanika</i> [Hydromechanics] Tashkent, Fan, 2008. 140 p. (in Russian)
18	Хамидов А.А., Бакиев М.Р., Янгияев А.А.. Определение гидравлического сопротивления в трубе при течении смеси вязких жидкостей// Материалы международной конференции текстильной промышленности. – Москва, 2007. – С. 36-39.	KhamidovA., BakievM.R., YangievA.A., <i>Opredelenie hidravlicheskogo soprotivleniya v trube pri techenii smesi vyazkikh zhidkostey</i> [Definition of hydraulic resistance in a pipe at a current of a mix of viscous liquids] Materials of the international conference of the textile industry. Publ,Pp 36-39. Moscow, 2007. (in Russian)
19	Янгияев А.А., Хамидов А. Закрученное течение смеси аэрированного потока в цилиндрической трубе// Журнал «O'zbekiston qishloq xo'jaligi». – Ташкент, 2006, – №12, – С. 24-28.	Yangiev A.A., Khamidov A. <i>Zakruchennoe techenie smesi aerirovannogo potoka v tsilindrcheskoy trube</i> [The twirled current of a mix of the aerated stream in a cylindrical pipe] Journal «Agricultural» Publ, Tashkent. No12, 2006. Pp 24-28. (in Russian)
20	Янгияев А.А., Хамидов А. Завихренное течение аэрированного потока в полуограниченной цилиндрической трубе// Республикаанская научно-практическая конференция «Проблемы надёжности и безопасности гидротехнических сооружений» 22-23 Ноября 2006, Ташкент ТИИМ, 58-60 с.	Yangiev A.A., Khamidov A. <i>Zavikhrennoe techenie aerirovannogo potoka v polu-organichennoy tsilindrcheskoy trube</i> [Zavihrennoe current of the aerated stream in the semilimited cylindrical pipe] Republican scientifically-practical conference «Problems of reliability and safety of hydraulic engineering constructions» 22-23 november, 2006. Tashkent. TIIM. Publ, Pp 58-60. (in Russian).

УЎТ: 631.587

## ЕР ОСТИ СУВЛАР САТҲИННИГ ЎЗГАРИШИНИ АГРОЛАНДШАФТЛАР БАРҚАРОРЛИГИГА ТАЪСИРИНИ ГЕОАХБОРОТ ТИЗИМИ УСЛУБЛАРИ ЁРДАМИДА МОДЕЛЛАШТИРИШ

**А.М.Арифжанов - т.ф.д., профессор, Л.Н.Самiev - PhD доцент, Ф.К.Бабажанов - докторант**

**Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш мұхандислари институти**

**Г.М.Хамдамова - "Ўзгидромет" Сув кадастри ва метеорологик ўлчовлар бошқармаси давлат сув кадастри бўлим бошлиғи, Ш.Н. Юсупов - мустақил тадқиқотчи, "Қурилишдан мұхандислик қидирувлари, геоахборот ва шаҳарсозлик кадастри давлат лойиҳа илмий-текшириш институти**

### Аннотация

Мақолада суғориладиган майдонларининг ўзгариш барқарорлиги ва сизот сувлари сатҳини аниқлашнинг замонавий гео-ахборот усуслари, бу жараённи моделлаштиришда мақбул ечимлари берилган. Агроландшафтларни ажратиб олиш учун қишлоқ хўжалик экин майдонлари MODIS сенсори MOD13Q1 маълумот тури NDVI 2017 ва 2018 йиллардаги 16 кунлик мавсумий растрлари ёрдамида Амударё кўйи қисмидаги ҳудудлар классификация қилинди. Ер ости сувларининг сатҳи йиллик ўзгаришлари дарё ва каналлар билан боғлиқ ҳолатлари таҳлил қилинди. Амударё дельтасининг ўнг соҳилида қишлоқ хўжалик экин майдонларининг ўзгариш барқарорлиги сизот сувларининг сатҳи ўртача йиллик ўзгариш сатҳи 200 см ва стандарт чекланиши 90 см бўлгандан дарё сув ресурслари кепишининг қисқариши оқибатида сизот сувларининг критик чукурлигини ушлаб туриш асосий муаммо. Олиб борилган изланишлар ва таҳлиллар критик чукурликдаги сув сатҳи майдонлари дарё сув ресурслари ўзгаришига тўғри пропорционал ўзгаришини кўрсатди, шу ҳолатда суғориладиган экин майдонлари 38 фоизга қисқаради, маҳсулдорлик камаяди, сув танқислиги оқибатида 10% экиладиган майдонлар камайиши мумкин.

**Таянч сўзлар:** қишлоқ хўжалиги майдонлари, ер ости сувлари, агроландшафт, сув ресурслари, геоахборот тизимлари, MODIS тасвиirlари.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА УСТОЙЧИВОСТЬ АГРОЛАНДШАФТОВ С ПОМОЩЬЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

**А.М.Арифжанов-д.т.н., профессор, Л.Н.Самiev- PhD доцент, Ф.К.Бабажанов - докторант**

**Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства**

**Г.М.Хамдамова - Узгидромет Начальник отдела государственного водного кадастра Управления водного кадастра и метеорологических измерений, Ш.Н.Юсупов - исследователь, Государственный проектный научно-исследовательский институт инженерных изысканий в строительстве, геоинформатике и градостроительного кадастра**

### Аннотация

В статье даются современные методы Геоинформационных систем (ГИС) определения устойчивости изменения орошаемых площадей и уровня грунтовых вод, при моделировании этого процесса даются рациональные решения. Для выделения агроландшафтов сделана классификация низовий Амудары при помощи 16 дневных периодических растров 2017 и 2018 годов и сенсора MODIS MOD13Q1 сельскохозяйственных посевных площадей типа NDVI. Проанализировано годовое изменение уровня подземных вод в связи с уровнем рек и каналов. Устойчивость сельскохозяйственных посевных площадей на правом берегу дельты р. Амударья обеспечиваются когда уровень грунтовых вод остается без изменения около 200 см при стандартном ограничении 90 см. В результате уменьшения поступления водных ресурсов держать критическую глубину подземных на уровне 200 см является проблемой. Проведённые исследования и анализы показали, что изменение площадей с критической глубиной прямо пропорционально изменению расходов реки, при этом орошаемые посевные площади могут сократиться на 38%, продуктивность уменьшиться вследствие недостатка воды 10% площадей могут быть сокращены.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственные площади, подземные воды, агроландшафт, водные ресурсы, геоинформационные системы, изображение MODIS.

## MODELING THE IMPACT OF CHANGES IN THE GROUND WATER LEVEL ON THE STABILITY OF AGRICULTURAL LANDSCAPES USING GIS

**A.M.Arifjanov - DSC, professor L.N.Samiev - PhD docent, F.K.Babajanov - PhD student**

**Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers**

**G.M.Xamdamova - Uzhydromet Head of the State Water Cadastre Department of the Water Cadastre and Meteorological Measurements Department, Sh.N. Yusupov - researcher, State Design Research Institute of Engineering Surveys in Construction, Geoinformatics and Urban Planning Cadastre**

### Abstract

The article presents modern GIS methods for determining the stability of changes in irrigated areas and the depth of the ground water level.the most correct solutions are given in modeling this process. To distinguish agricultural landscapes, the classification of agricultural acreage in the lower part of the Amu Darya river region was made using 16-day periodic rasters

2017 of 2018 and the NDIS MOD13Q1 sensor of agricultural acreage, type NDVI. The annual change in the level of underground water in relation to the state of rivers and channels is analyzed. A steady change in agricultural acreage on the right Bank of the Amu Darya river Delta can be considered when the ground water level remains unchanged at the following depths: the average annual ground water level is 200 cm and the standard limit is 90 cm . The dynamics of periodic irrigation is excluded. As a result of a reduction in water resources, maintaining the critical depth of underground water remains the main problem. Research and analysis have shown that the change in the free water surface at a critical depth is directly proportional to the change in water resources of the river. Irrigated acreage is reduced by 38 % and productivity is reduced. Otherwise, due to lack of water, 10% of the area is restored with difficulty.

**Keys words:** agricultural areas, groundwater, agricultural landscape, water resources, geoinformation systems, MODIS image.

**Кириш.** Амударё қуий оқими қадимий дәхқончилик минтақаси бўлиб, бугунги кунда ҳам сув ресурсларининг катта қисмидан суформа дәхқончилик учун фойдаланилади. Амударё сувидан фойдаланишдаги вужудга келган ҳолат бир қадар мураккаб тус олган бўлиб, Амударёнинг қуий оқими-даги сув таъминоти бевосита юқори оқимдан сув келиш шароитига боғлиқ бўлиб қолган. Амударёнинг кўп йиллик гидрологик таҳлили натижаларига кўра, сўнгги ўн йилликларда тебраниб турадиган сув танқислиги оралиқлари қисқариб, оқим ҳажми йилдан-йилга пасаймоқда. Бунинг натижасида, экин майдонларининг сифат ва миқдор жиҳатдан кафолатли сув таъминоти муаммолари пайдо бўлмоқда [1, 2, 3]. Амударё қуий оқимида агроландшафтларнинг нобарқарор бўлган энг асосий компоненти бу сув ҳисобланади. Сув бир вақтнинг ўзида ландшафт маҳсулдорлиги ўзгаришига ва иккиласи, антропоген ландшафтларнинг вужудга келишида ҳамда табиий мезонларга зид равишда янги геокомпонентлар, улар орасидаги янгича таъсир бўлишига сабаб бўлади [4, 5, 6, 7]. Шу ўринда унинг миқдор ва сифат кўрсаткичлари асосий мезон бўлиб хизмат қиласди.

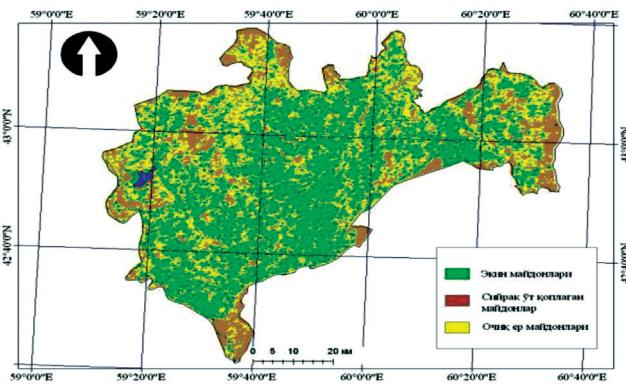
**Кўриб чиқилаётган муаммонинг ҳозирги ҳолатининг таҳлили ва манбаларга ҳаволалар.** Суформа дәхқончилик минтақаларида, хусусан, Амударё қуий оқимида сизот сувларининг сатҳи ўзгаришлари (қисқа вақт ичida кескин ўзгаришлар, критик чуқурлиқда сақлаб туриш ва бошқалар.) агроландшафтларнинг (мавжуд қишлоқ ҳўжалик экин майдонлари) ҳамда кам ўзгартирилган табиий ландшафтларнинг (табиий яйловлар ҳамда тўқайлар) барқарорлигига таъсир қилувчи асосий омиллардан биридир. Гидрологик шароитини ҳисобга олганда сизот сувларининг режими учта омил асосида шаклланиши олимлар тадқиқоти ишларидан маълумдир [8,9,10]. Лекин олиб борилган тадқиқотларга кўра, дарё ўзанининг яқинида, тор доирада сизот сувларининг режимида дарё ўзанидан фильтрация юқори ўрин тутса, магистраль каналлар яқинида ҳам бу ҳолат кузатилади [11,12]. Дарё ва магистрал каналлардан узоқлашганда ерларни суғориш натижасида сизот сувларининг биринчи тип режими шаклланадиган минтақа вужудга келган. Иккинчи типда суғориладиган ва суғорилмайдиган ерлар орасидаги оралиқ минтақа. Бундай жойларда сизот сувлар сатҳи паст ётади ва асосан сийрак ўт қоплаган яйловлардан ва баъзи жойларда очиқ ер майдонларида ишларидан иборат ландшафт таркиб топган [13, 14, 15, 16]. Юқоридаги омиллар умумийликда, ёпиқ гидрологик ҳавза бўлганинг ҳисобга олинганда Амударё қуий оқимида сизот сувларининг умумий режими бевосита Амударё сув ресурслари миқдорига боғлиқ бўлади. Шу ўринда минтақада шаклланган ландшафтлар барқарорлиги сув ресурслари билан таъминланиш даражасига тўлалигича боғлиқ. Сув кам келган йилларда мавжуд экотизимларда бўладиган ўзгаришларни аниқ ва географик кўринишдаги натижалар олиб билиш орқали минтақанинг сув танқислиги йилларида сув тақчиллиги даражасини юмшатишнинг аниқ чораларини белгилашда муҳим восита бўлиб хизмат қиласди. Замонавий геоахборот усуллари бу жараённи моделлаштиришда энг мақбул

ечимлар бериши мумкин [17, 18, 19, 20], унинг юқори аниқлиги, фазовий ўзгаришларни обектив моделлаш усулларининг мавжудлиги бунда қўл келади.

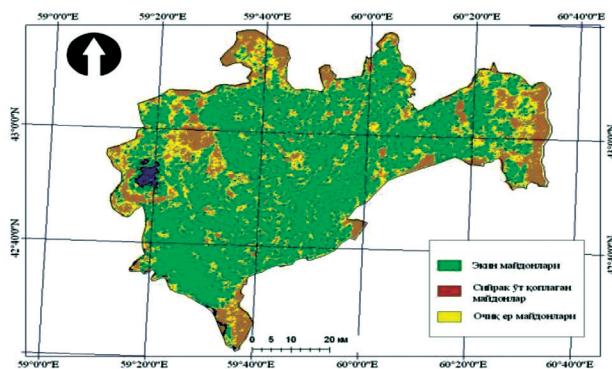
**Ечиш усули.** Умумий таҳлил экин майдонларининг ўзгаришларга учраши майдон динамикасининг ер ости сувлари сатҳига боғлиқлиги, дарё ҳамда магистрал каналларга боғлиқ равишида ер ости сувларининг ётиш ҳолатлари ўртасидаги боғланишларни асослашдан иборат. Маълумотлар сув танқис бўлган ва юқори келган йиллар учун ўтказилди, бунинг учун куйидаги услуб ишлаб чиқилди. Агроландшафтларни ажратиб олиш учун қишлоқ ҳўжалик экинлари MODIS сенсори MOD13Q1 маълумот тури NDVI 2008 ва 2010 йиллардаги 16 кунлик мавсумий растрлари ёрдамида ер юзаси класификация қилинди. Ер ости сувлари сатҳининг йиллик ўзгаришлари Қорақалпоғистон мелиоратив экспедицияси маълумотлари асосида кригинг усули билан ArcGIS 9,3 геостатистик таҳлил усули билан фазовий моделлаштирилди. Кригинг натижалари ArcGIS 9.3 дастурида дарё ва магистрал каналлар гидрографияси маълумотлари билан “фазовий қўшиш” таҳлилини қўллаш ёрдамида бутун майдон бўйлаб радиусда қидириб топилган гидрография векторига боғлиқ равишида ер ости сувлари ётиш ҳолати таҳлил қиласди.

**Натижалар таҳлили ва мисоллар.** Натижаларга кўра сув танқис йилларда экин майдонлари кескин қисқаради, бунинг натижасида иккиласи, ландшафт асосан бўш ерлар ва сийрак ўт қоплаган яйловлар тарзидаги майдонларга айланади. Хусусан, сув танқислиги 2000 ва 2018 йиллар ўртача кўрсаткичдан 40 фоизга қисқарганда юзанинг ландшафт картасининг таҳлилга кўра куйидагича: умумий майдон 542218,4 га бўлиб шундан 207266,7 га. си ёки умумий майдоннинг 38,2 фоизи экин майдонларида иборат бўлган. Дарё оқим ҳажми кўп йиллик ўртача кўрсаткичга яқин бўлганда экин майдонлари 284943,5 га ёки умумий майдоннинг 52,5 фоизидан иборат бўлади. Шу ўринда дарё сув ресурсининг ўртача 40 фоизга қисқариши оқибатида 77676,8 га экин майдони барқарорлигини ўқотади (1-2-расмлар).

Таҳлил натижаларига кўра шўрланган ва күмлардан

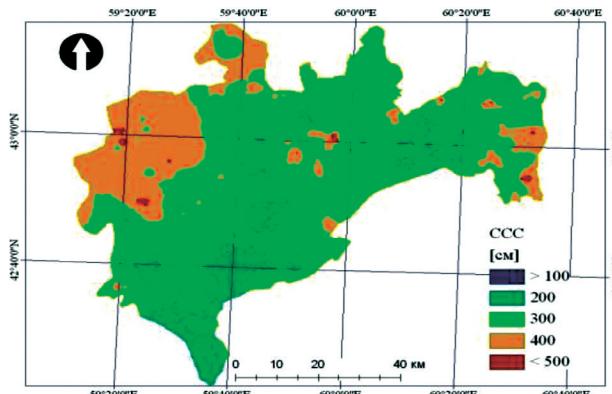


1-расм. Амударё қуий қисмидаги ландшафтнинг ўзгариш харитаси



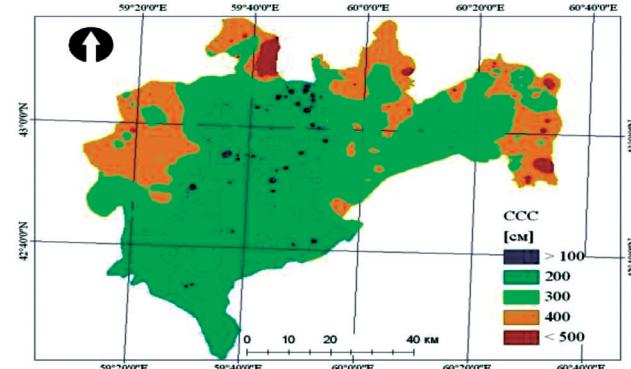
**2-расм. Амударё қуиң қисмидаги ландшафтнинг ўзгариш харитаси**

иборат очик ер майдонлари ўзгаришсиз қолади. Сув танқислиги оқибатида экин экилмаслиги сабабли бу жойлар сийрак ў қоллаган майдонларга айланади ва кейинги йилларда сув ресурслари етарли келганда яна экин экилади. Йиллик динамика 10 фоиз экин майдони қийинчилик билан қайта тикланишини кўрсатади. Кригинг таҳлили натижаларига кўра, сув танқислиги йилларида юзанинг 64 фоиз майдонида сизот сувлар 200 см. гача сатҳда ётади. Тадқиқот обьектининг шимолий ғарбий ва ғарбий қисмларида 400 см. гача ётадиган минтақалар жойлашган бўлиб уларнинг майдони сув танқис бўлмаган йилларда 1891,5 га дан, сув танқислиги даражасига қараб 8412,6 га.гача кенгаяди. Бундай сизот сувлари чуқур жойлашган минтақаларда каналлар етиб бормаган ва сугориш ишлари олиб борилмайдиган очик ер майдонларидан иборат. Рельефнинг нисбатан баландлиги ва тупроқ грунтнинг кумли асосдан иборатлиги ёғин сувларининг тез сингишига ва ўсимлик ўсиш учун етарли намнинг бўлмаслиги сабаб бундай жойлар асосан очик ер майдонларидан иборат бўлиб баъзи жойларда сийрак ўт ва бутазорлар қоплаган бўлади (3, 4-расмлар).



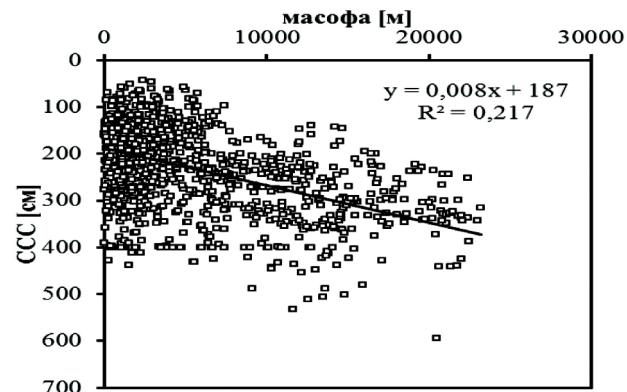
**3-расм. Сизот сувлари йиллик сатҳи ўзгаришлари (сув танқис ҳолатда)**

Агроландшафтда экинлар нормал ривожланиши учун сизот сувларининг минтақа учун шартли ажратилган критик чуқурлиги 100–200 см ўртасида эканлиги тадқиқотлардан ўрганилган. Сув танқис йилларида уларнинг майдони 32 фоизгача қисқаради. Хусусан, сув етарли келган йилларда бундай жойларнинг майдони 230165,8 га бўлса сув



**4-расм. Сизот сувлари йиллик сатҳи ўзгаришлари (сув етарли келган ҳолатда)**

танқислиги йилларида 73688,3 ни ташкил қолади. Умумий худудда ёғиннинг миқдори сизот сувларининг сатҳининг ўзгаришига жуда кам таъсир этади ва асосан сизот сувлар сатҳи гарчи кам миқдорда боғлиқлик бўлсада (5-расм) сугориладиган ерлар ва магистрал каналлардан узоқлаш-



**5-расм. Сизот сувлар сатҳининг магистрал каналлар ва дарёдан узоқлигига фазовий боғлиқлиги**

ганда чуқурлашиб боради, атрофдаги сизот сувларининг чуқур жойлашувини шу омил билан тушинтириш мумкин. Тадқиқот ўтказилган худудда кузатиш қудуклари бутун радиус бўйича каналларнинг энг яқин масофаси бўйича боғлиқлигини ўрганилганда тўғри чизиқли боғлиқлик коэффициенти 0,21 га тенглиги бўнинг исботи. Сизот сувлари режимиининг бошқа омиллари, хусусан, рельеф ва сугориш ишларининг интенсивлиги бу боғлиқлини камайтиради.

**Холоса.** Амударё дельтасининг ўнг соҳилида экин майдонларининг ўзгариш барқарорлиги сизот сувларининг сатҳи 200 см ва стандарт чекланиш 90 см чуқурликларда бўлганда ўзгаришсиз қолади. Дарё суви ёки сув ресурслари 40 фоизга қисқариши натижасида сизот сувлари критик чуқурлигини ўзгаришсиз ушлаб туриш асосий муаммолардан бири. Тадқиқот натижалари асосида критик чуқурликдаги ер ости сув сатҳининг майдонлари Амударё сувининг ўзгаришига тўғри пропорционал ўзгаришини кўрсатади. Дарё сувининг камайиши ёки унинг кўпайиши оқибатида қишлоқ хўжалиги майдонлари 38 фоизга қисқаради, бунинг натижасида қишлоқ хўжалиги экинларидан олинадиган маҳсулдорлик ҳам камаяди. Сув танқислиги оқибатида 10 фоиз майдон қийинчилик билан қайта тикланади.

№	Адабиётлар	References
1	Арифканов А.М., Акмалов Ш.Б. Анализ изображений на основе географических объектов и дистанционное зондирование в окружающей среде. «Повышение эффективности, надежности и безопасности гидротехнических сооружений» Сборник статей международной научно-практической конференции. Том II. – Ташкент, 2018. – С.24-29.	Arifjanov A.M., Akmalov Sh.B. Analiz izobrazhenij na osnove geograficheskikh ob'ektov i distantsionnoe zondirovanie v okruzhayushey srede [Geographic object based image analysis and remote sensing in environment]. «Improving efficiency, reliability and safety of hydraulic engineering constructions» Collection of articles of international scientific-practical conference. Volume II. Tashkent 2018. Pp. 24-29 (in Russian)

2	Арифжанов А.М., Акмалов Ш.Б. Анализ изображений на основе географических объектов и описание алгоритма с помощью eCognition. «Повышение эффективности, надежности и безопасности гидротехнических сооружений» Сборник статей международной научно-практической конференции. Том II. –Ташкент, 2018. – С. 29-33.	Arifjanov A.M., Akmalov Sh.B. <i>Analiz izobrazheniy na osnove geograficheskikh ob'ektov i opisanie algoritma s pomoshch'yu eCognition</i> [Geographic object based image analysis and algorithm description by using eCognition]. «Improving efficiency, reliability and safety of hydraulic engineering constructions» Collection of articles of international scientific-practical conference. Volume II. Tashkent 2018. Pp. 29-33 (in Russian)
3	Арифжанов А.М., Акмалов Ш.Б. Дистанционное зондирование применяется для управления водой и сельским хозяйством в Центральной Азии и Узбекистане. «Повышение эффективности, надежности и безопасности гидротехнических сооружений» Сборник статей международной научно-практической конференции. Том II. – Ташкент, 2018. – С. 33-37.	Arifjanov A.M., Akmalov Sh.B. <i>Distantsionnoe zondirovaniye primenyetsya dlya upravleniya vodoy i sel'skim khozyaystvom v Tsentral'noy Azyy i Uzbekistane</i> [Remote sensing applied to water and agricultural management in Central Asia and Uzbekistan]. «Improving efficiency, reliability and safety of hydraulic engineering constructions» Collection of articles of international scientific-practical conference. Volume II. Tashkent 2018. Pp. 33-37. (in Russian)
4	Арифжанов А.М., Акмалов Ш.Б., Самиев Л.Н., Апакходжаева Т. Выбор оптимального метода добычи воды для засушливой области в Бешбулак и Янгиабода (Сырдарьинская область, Узбекистан). Обзор европейской науки № 3-4, 2018 Март-апрель. – С. 244-249.	Arifjanov A.M., Akmalov Sh.B., Samiev L.N., Apakxo'jaeva T.U. <i>Vybor optimal'nogo metoda dobychi vody dlya zasushlivoy oblasti v Beshbulaki Yangiobod (Syrdar'ynskaya oblast', Uzbekistan)</i> [Choosing an optimal method of water extraction for arid region in the case of Beshbulak and Yangiobod villages (Sirdarya Province, Uzbekistan)]. European science review No3,4, 2018 March-April. Pp. 244-249 (in Russian)
5	Alsubaie, N.M. (2012). The Potential of Using Worldview-2 Imagery for Shallow Water Depth Mapping. Université de Calgary. Alberta, 85 p.	Alsubaie, N.M. (2012). The Potential of Using Worldview-2 Imagery for Shallow Water Depth Mapping. Université de Calgary. Alberta, 85 p.
6	Awan, Usman Khalid. “Coupling Hydrological and Irrigation Schedule Models for the Management of Surface and Groundwater Resources in Khorezm, Uzbekistan.” Accessed June 2017. 105 p.	Awan, Usman Khalid. “Coupling Hydrological and Irrigation Schedule Models for the Management of Surface and Groundwater Resources in Khorezm, Uzbekistan.” Accessed June 2017. 105 p.
7	Bhaduri, Budhendra, Jon Harbor, Bernie Engel, and Matt Grove. “Assessing Watershed-Scale, Long-Term Hydrologic Impacts of Land-Use Change Using a GIS-NPS Model.” Environmental Management 26 (6): 643–58. doi: 10.1007/s002670010122.	Bhaduri, Budhendra, Jon Harbor, Bernie Engel, and Matt Grove. “Assessing Watershed-Scale, Long-Term Hydrologic Impacts of Land-Use Change Using a GIS-NPS Model.” Environmental Management 26(6):643–58. doi:10.1007/s002670010122.
8	Conrad, Christopher, Sebastian Fritsch, Julian Zeidler, GerdRücker, and Stefan Dech. “Per-Field Irrigated Crop Classification in Arid Central Asia Using SPOT and ASTER Data.” Remote Sensing 2 (4): Pp. 1035–1056.	Conrad, Christopher, Sebastian Fritsch, Julian Zeidler, GerdRücker, and Stefan Dech. “Per-Field Irrigated Crop Classification in Arid Central Asia Using SPOT and ASTER Data.” Remote Sensing 2 (4): Pp. 1035–1056.
9	Dubovyk, O., Menz, G., Conrad, C., Thonfeld, F. & Khamzina, A. Object-Based Identification of Vegetation Cover Decline in Irrigated Agro-Ecosystems in Uzbekistan. Quaternary International, Hydrological and Ecological Responses to Climatic Change and to Land-use/land-cover changes in Central Asia, Pp. 163–174.	Dubovyk, O., Menz, G., Conrad, C., Thonfeld, F. & Khamzina, A. Object-Based Identification of Vegetation Cover Decline in Irrigated Agro-Ecosystems in Uzbekistan. Quaternary International, Hydrological and Ecological Responses to Climatic Change and to Land-use/land-cover changes in Central Asia, Pp. 163–174.
10	Akmalov Sh.B., Gerts J. Using Remote Sensing very high resolution data in observation of open drainage system condition in Syrdarya Province. Journal, “Irrigatsiya va melioratsiya” № 2 (4). TIIAME. Tashkent, 2016. Pp. 26-29	Akmalov Sh.B., Gerts J. Using Remote Sensing very high resolution data in observation of open drainage system condition in Syrdarya Province. Journal, “Irrigatsiya va melioratsiya” journali, № 2 (4). TIIAME. Tashkent, 2016. Pp. 26-29
11	Akmalov Sh.B., Blanpain O., Masson E. Study of ecological changes in Syrdarya province by using the Remote Sensing GEOBIA analysis method. Journal Irrigatsiya va melioratsiya. Vol N02 (8). TIIAME. Tashkent, 2017. Pp.15-19	Akmalov Sh.B., Blanpain O., Masson E. Study of ecological changes in Syrdarya province by using the Remote Sensing GEOBIA analysis method. Journal Irrigatsiya va melioratsiya. Vol N02 (8). TIIAME. Tashkent, 2017. Pp.15-19
12	Герц Дж., Самиев Л.Н. Использование дистанционного зондирования изображений с очень высоким разрешением при наблюдении за техническими условиями открытой дренажной системы в Сырдарьинской области. Наука и мир, № 12 (28). Том III. – С. 136-140.	Gerts J., Samiev, L. N. <i>Ispol'zovanie distantsionnogo zondirovaniya izobrazheniy s ochtn' veryskim razresheniem pri nablyudenii za tekhnicheskimi usloviyami otkrytoy drenazhnay sistemy v Syrdar'inskoy oblasti</i> [Using The Remote Sensing of Very High Resolution Images in Observation of Technical Conditions of Open Drainage System in Syrdarya Province.] Science and World, No 12 (28). Vol. III. Pp. 136-140. (in Russian)
13	Bhattarai, N, Quackenbush, L.J., Calandra, L.J., Teale S. Spectral Analysis of Scotch Pine Infested by Sirex Noctilio. Proceedings of the ASPRS 2011 Annual Conference Milwaukee, 1- 5 Mai, Pp. 1-5.	Bhattarai, N, Quackenbush, L.J., Calandra, L.J., Teale S. Spectral Analysis of Scotch Pine Infested by Sirex Noctilio. Proceedings of the ASPRS 2011 Annual Conference Milwaukee, Wisconsin, 1- 5 Mai, Pp. 1-5.
14	Blaschke T. Object Based Image Analysis for Remote Sensing. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 65 (1) Pp. 2–16.	Blaschke T. Object Based Image Analysis for Remote Sensing. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 65 (1) Pp. 2–16.
15	Ахмедходжаева И.А., Ходжiev А.К., Самиев Л.Н. Модель по управлению водными ресурсами нижнего течения реки Амуударья с учетом водности года// Журнал «Наука и Мир». – Москва, 2016. – (№ 6 (34), июнь).	Akhmedhodjaeva I.A., Khodjiev A.K., Samiev L.N. <i>Model' po upravleniyu vodnymi resursami nizhnego tcheniya reki Amudarii s uchotom vodnosti goda</i> [Model of water management in the lower reaches of the Amudarya river, taking into account the water content of the year] Moscow, journal, "Science and Peace" (No 6 (34), June) 2016. (in Russian)
16	Nasrin kohestani *1, Mehdi meftah halaghi 2 and AmirAhmad Dehgani. Numerical simulation of groundwater level using MODFLOW software (A case study: Narmab watershed, Golestan province) International journal of Advanced Biological and Biomedical Research Volume 1, Issue 8, 2013: Pp.858-873	Nasrin kohestani *1 , Mehdi meftah halaghi 2 and AmirAhmad Dehgani. Numerical simulation of groundwater level using MODFLOW software (A case study: Narmab watershed, Golestan province) International journal of Advanced Biological and Biomedical Research Volume 1, Issue 8, 2013: Pp. 858-873
17	Kumar, C. P, Numerical modeling of groundwater flow using MODFLOW. International Journal of Science 2 (4), 2013, Pp. 86-92.	Kumar, C. P, Numerical modeling of groundwater flow using MODFLOW. International Journal of Science 2 (4), 2013, Pp. 86-92.
18	Franke, O. L., Reilly, T. E., and Bennett, G. D. Definition of boundary and initial conditions in the analysis of saturated ground-water flow systems—an introduction. Techniques of WaterResources Investigations 3-B5, U.S. Geological Survey, Denver, CO, 15, 1987.	Franke, O. L., Reilly, T. E., and Bennett, G. D. Definition of boundary and initial conditions in the analysis of saturated ground-water flow systems—an introduction. Techniques of WaterResources Investigations 3-B5, U.S. Geological Survey, Denver, CO, 15, 1987.
19	WWW.groundwater.uz	WWW.groundwater.uz
20	Арифжанов А.М., Самиев Л.Н., Юсупов Ш.Н. Modflow Моделлаштириш ва башоратлаш тизимини кўллаб урганч шахрида ер ости сувлари сатхини ўрганиш// “Irrigatsiya va melioratsiya” журнали. – Тошкент, 2019. – Махсус сон. – Б. 51-54.	Arifjanov AM, Samiev L.N., Yusupov SH.N. <i>Modellashtrish va bashoratlash tizimini kullaib Urganch shakhrida er osti suvlari satkhini urganish</i> [Treatment of water days in urgent support system modeling and forecasting modflow] Journal “Irrigatsiya va melioratsiya”. Tashkent, 2019. “Maxsus son” Pp.51-54 (in Uzbek).

УДК: 627.83

## ПЛАНОВЫЕ РАЗМЕРЫ ПОТОКА ДЕФОРМИРОВАННОГО ОДИНОЧНОЙ ГЛУХОЙ ДАМБОЙ

М.Р. Бакиев - д.т.н., профессор, К.Т. Якубов - докторант

Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

И.Ж.Асаматдинов - к.т.н., Инспектор по Республике Каракалпакстан Государственной инспекции

"Госводхознадзор" при Министерстве водного хозяйства Республики Узбекистан

### Аннотация

Размывы берегов один из разновидностей водной эрозии, который ежегодно приносит огромный ущерб народному хозяйству: уничтожаются прибрежные культурные земли, приходят в негодность дамбы обвалования, ирригационные каналы, разрушаются отдельные постройки и сооружения. Для борьбы с размывами берегов используются поперечные глухие, сквозные и комбинированные дамбы. Цель данной работы разработка методики расчета стесненного по-перечной дамбой плановых размеров потока: длины верховой и низовой водоворотных зон, границ отдельных зон, сравнение экспериментальных и натуральных данных. По результатам экспериментальных исследований предложены аналитические и графические зависимости по установлению плановых размеров потока деформированного глухой дамбой. Установлено, что с увеличением степени стеснения и угла установки дамбы относительные длины верховой водоворотной зоны и области сжатия возрастают. Увеличение числа Фруда приводит к увеличению длины верховой водоворотной зоны. На длину области растекания за сжатым сечением основное влияние оказывают параметры потока, дамбы и русла. Полученные результаты сравнивались с натуральными данными полученных на дамбе №30 на реке Амударья. Максимальные отклонения в длинах верховой и низовой водоворотных зон 24,8% и 27,2% соответственно.

**Ключевые слова:** глухая дамба (шпора), слабовозмущенное ядро, интенсивное турбулентное перемешивание, водоворотная зона, границы зон.

## ТАНАСИДАН СУВ ЎТКАЗМАЙДИГАН ЯККА ДАМБА БИЛАН ДЕФОРМАЦИЯЛАНГАН ОҚИМНИНГ ПЛАНДАГИ ЎЛЧАМЛАРИ

М.Р.Бакиев - т.ф.д. профессор, К.Т.Якубов - докторант

Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш мұжандислари институти

И.Ж.Асаматдинов - т.ф.н., Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазирлиги хузуридаги

"Давсузвўхўжаликназорат" Давлат инспекциясининг Қорақалпогистан Республикаси бўйича инспектори

### Аннотация

Қирғоқлар ювилиши сув эрозиясининг бир тури бўлиб ҳалқ хўжалигига ҳар йили катта зарар етказади: қирғоқ орти экин экилиб турган ерлар ювилиб кетиши, ҳимоя дамбаларининг яроқсиз ҳолга келиши, сугориш каналлари, айрим бинолар ва иншоотлар бузилиши шулар жумласидандир. Ювилишга қарши кураш учун танасидан сув ўтказмайдиган ва сув ўтказдиган ҳамда ўйғунлашган кўндаланг дамбалардан фойдаланиб келинмоқда. Ушбу ишнинг мақсади кўндаланг дамба билан сиқилган оқимнинг пландаги ўлчамларини ҳисоблаш услубини ишлаб чиқишдан иборат бўлиб, улар юқори ва пастки уюрма зоналар узунликларини, айрим зоналар чегараларини лабораторияда ва натурада тадқиқот натижаларини солишириши ўз ичига олган. Экспериментал тадқиқотлар натижалари бўйича сув ўтказмайдиган дамба билан деформацияланган оқимни пландаги ўлчамларини аниқлаш учун аналитик ва график ифодалар таклиф қилинган. Сиқилиш даражаси ва дамбанинг ўрнатилиш бурчагининг ошиши юқори уюрма ва сиқилиш зоналари нисбий узунликларининг ошишига олиб келди. Фруда сонининг ошиши юқори уюрма зонаси нисбий узунлиги ошишига олиб келди. Таралиш зонаси узунлигига оқимнинг, дамбанинг ва ўзанинг параметрлари таъсир қилиши аниқланган. Эксперимент натижалари Амударёда курилган 30-дамбада олиб борилган дала тадқиқотлари билан солишириб кўрилди. Уюрма зоналар узунликлари энг катта фарқлари 24,8% ва 27,2 фоизини ташкил қилди.

**Таянч сўзлар:** сув ўтказмайдиган дамба (шпора), кам таъсирланган ўзак, интенсив турбулент аралашув зонаси, уюрма зона, зоналар чегаралари.

## PLANED DIMENSION OF FLOW DEFORMED BY A SINGLE DAM THAT IS IMPERMEABLE TO WATER FROM THE BODY

M.R.Bakiev - DSc, professor, K.T. Yakubov - PhD student

Tashkent Institute of Irrigation Agricultural and mechanization Engineers

I.J.Asamatdinov - c.t.s, inspector for Republic of Karakalpakstan State Inspection

"Gosvodhognadzor" under the Ministry of water Resources of the Republic of Uzbekistan

### Abstract

Coastal erosion is a type of water erosion that causes significant damage to the national economy each year: leaching of overland coastal crops, failure of protective dams, destruction of irrigation canals, dilapidated buildings and structures, among others. To combat leaching, cross-dams are used which are waterproof and water-permeable. The aim of this work was to develop a method for calculating the planned dimension of compressed flow with a transverse dam, which included comparing the lengths of the upper and lower tilt zones, the boundaries of individual zones and the results of research in the laboratory and

in nature. According to the results of experimental studies, analytical and graphical expressions were proposed to determine the planned dimensions of the deformed flow with a waterproof dam. The increase in the compression ratio and the installation angle of the dam resulted in an increase in the relative lengths of the high compression zones. The increase in the number of Frudo led to an increase in the relative length of the upper bending zone. It was found that the parameters of the flow, dam and ozone influence the length of the distribution zone. The result of the experiment were compared with field studies conducted at the 30th dam built on the Amudarya. The largest differences in the lengths of the rolling zones were 24.8% and 27.2% respectively.

**Key words:** waterproof dam (spur), low-impact core, intensive turbulent interference zone, rolling zone, zone boundaries.

**Введение.** Совершенствованию конструкций, методов расчета и проектированию регуляционных сооружений во всем мире [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] и в Узбекистане в частности [8, 9, 10, 11, 12] уделяется достаточное внимание. В работе [1] рассматривается Т-образная шпора на повороте реки. Смоделированы глухая и затопленная шпоры, установлено что глубина размыва у затопленных шпор на 22% меньше чем у глухих. В исследованиях [2] рассматриваются вопросы оптимизации параметров шпоры в зависимости от глубины местного размыва, формирующейся вокруг шпор, с использованием вычислительных программ. В работе [3] с использованием акустической доплеровской системы проанализированы средние скорости и интенсивность турбулентности. Обнаружено, что напряжение сдвига у дамбы 6-8 раз больше, чем в подводящем потоке. В исследованиях [4,5] рассмотрены вопросы обтекания глухой шпоры с учетом трёхмерности и двухмерности потоков. В обоих случаях задача реализована методом конечных элементов при решении уравнений Навье-Стокса. В работе [6] рассматривается двумерная модель течения мелкой воды в применении к одиночной дамбе. Для обоснования, теоретическое решение сравнивается с экспериментальными данными других авторов. В статье [7] приведена решение модели неявного потока с использованием техники программирования Фортран на графических процессорах и показана их высокая вычислительная эффективность. В исследованиях [8, 9] обоснована возможность использования теории турбулентных струй при рассмотрении потока стесненного глухими, сквозными и комбинированными поперечными дамбами. Влияния плановых очертаний поперечных дамб на характеристики потока и на глубину местного размыва приведены в работе [10]. В работе [11] изучено влияние частичного освоения междамбного пространства на гидравлику потока в зарегулированных руслах. В работе [12] обосновано, что при наличии спутного потока за сооружениями, при теоретических решениях пренебречать скоростью спутного потока нельзя. Полученные результаты позволяют рассчитать глубину местного размыва, высоты сооружения, расстояния между сооружениями в системе, расчет поле скоростей и др.

Все эти исследования выполнены в лабораторных условиях с использованием современного математического аппарата и программных продуктов. В то же время мало внимания обращается исследованию работы построенных сооружений [13, 14]. Это прежде всего обусловлено трудностями в организации натурных исследований, проведение их требует больших затрат. Тем не менее эти исследования являются важными для выяснения и подтверждения результатов экспериментальных и теоретических исследований [15, 16]. Поперечные дамбы относятся к активным типам регуляционных сооружений и устройство их приводит к переформированию потока и русла. Для прогнозирования плановых размеров потока стесненного поперечными дамбами достаточно использование основных положений теории турбулентных струй [17, 18, 19] при решении задачи [8, 9, 10, 11, 20].

**Методы решений.** Экспериментальные исследования проводились в лотках с жестким дном размерами 42x60x800 см и уклоном дна 0,0002 при следующих характеристиках сооружения и потока с учетом условий равнинных рек: степень стеснения потока  $n = l_d \sin \alpha_d / B$  от 0,125 до 0,5, угол установки  $\alpha_n = 30^\circ \div 90^\circ$ , число Фруда в бытовых условиях  $Fr_0 = v^2 / gh < 0,35$ , в опытах поддерживался турбулентный режим с числом Рейнольдса  $Re = v_0 h_0 / \nu > 10^4$ , при условиях плановой задачи  $B_0 / h_0 > 6$  где:  $l_d, \alpha_d$  - длина и угол установки дамбы,  $v_0, h_0$ ,  $B_0$  скорость, глубина и ширина русла. Экспериментально исследовались плановые размеры верховых и низовых водоворотных зон, продольные и поперечные перепады глубин, скорости и направления течения. Границы и длины водоворотных зон устанавливались с помощью поверхностных и донных поплавков, а также введением в поток краски. Границы раздела между транзитным потоком и водоворотной зоной устанавливались из условия постоянства расхода. Промерные створы назначались в зависимости от длины водоворотных зон, замеры производились в верхнем бьефе, в створе стеснения О-О, сжатия и в конце водоворота (рис.1).

Скорости замерялись с помощью микровертушки конструкции САНИИРИ, в 3-5 точках по глубине. Натурные исследования проводились на поперечной дамбе (шпоре) №30 на реке Амударья. Рабочая длина дамбы на момент исследований (4.08.2019 г) составила 52 м, степень стеснения  $n=0,24$ . Плановые размеры потока определялись с помощью поплавков. Начало верховой водоворотной зоны отмечалось в точке отрыва вдоль береговой струи, затем мерной лентой замерялась ее длина. Конец низовой водоворотной зоны неустойчив из-за постоянного массобмена между транзитным потоком и водоворотной зоной, поэтому наблюдения велись длительное время наблюдений. Створы назначались аналогично с лабораторными, они были закреплены вехами, где устанавливается и нивелир Vegal 24. Граница раздела между слабовозмущенным ядром и зоной интенсивного турбулентного перемешивания устанавливались пуском поплавков у оголовка и их путь фиксировался с помощью нивелира, а также с катера. Результаты натурных измерений наносились на графики полученных лабораторным путем и сравнивались.

**Анализ результатов и примеры.** Обтекание водным потоком происходит с образованием области подпора в верхнем бьефе и областей сжатия и растекания потока в нижнем бьефе (рис.1). С учетом этого для определения расстояния между дамбами предложена следующая зависимость [8].

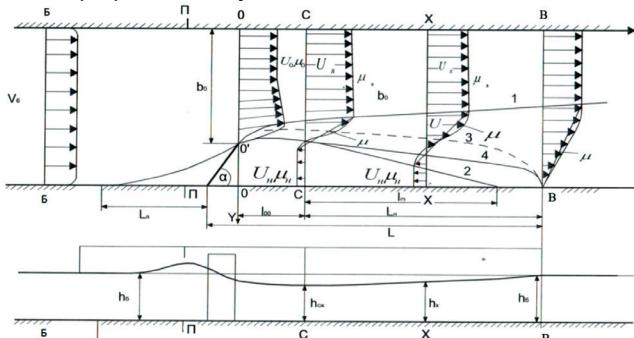
$$L_p = l_d \cos \alpha_d + K_2 (l_{ee} + l_{cc} + l_{ne}) \quad (1)$$

где:  $l_{ee}, l_{cc}, l_{ne}$  - длины верховой водоворотной зоны, области сжатия и низовой водоворотной зоны до размыва дна;  $K_2 = 0,4 \div 0,5$  - опытный коэффициент учитывающий уменьшение плановых размеров водоворотных зон за счет местного размыва основания.

Эксперименты показывают, что отрыв струи от защищаемого берега в верхнем бьефе происходит практически несколько выше створа максимального подпора. По

результатам экспериментов построены графические зависимости (рис.2.3).

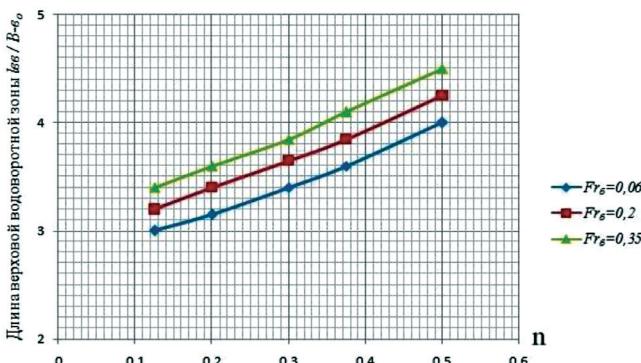
Из графиков следует, что относительная длина водоворотной зоны



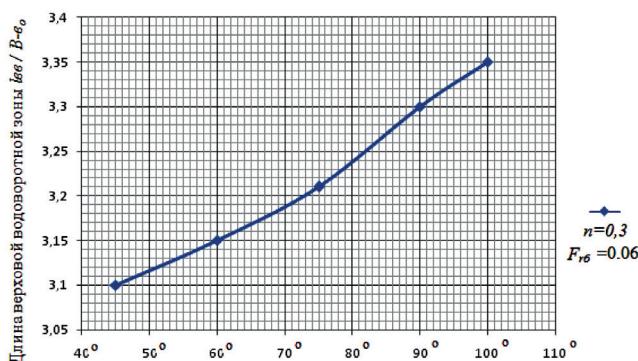
Б-Б обозначения бытовое состояние, П-П- зоне максимально го подпора, О-О- зоне стеснения, С-С- зоне сжатия, В-В- зоне конец водоворотной зоны.

**Рис.1. Схема потока деформированного глухой дамбой, обозначения створы**

вортонной зоны возрастает с увеличением степени стеснения потока  $n$ , угла установки дамбы  $a_o$  и числа Фруда в бытовом состоянии  $Fr\bar{b}$ . За створом стеснения отчетливо прослеживаются зоны слабовозмущенного ядра, интенсивного турбулентного перемешивания, зоны обратных токов (рис.1) [17, 18, 19].



**Рис.2. График зависимости длины верховой водоворотной зоны от степени стеснения потока и числа Фруда**



**Рис.3. График зависимости длины верховой водоворотной зоны от угла установки дамбы**

Для определения границ этих зон в области сжатия на основе экспериментальных исследований предложены следующие зависимости:

- граница между слабовозмущенным ядром и зоной интенсивного турбулентного перемешивания:

$$\bar{y}_1 = \frac{y_1}{\bar{b}_0} = 1 - (1 - \varepsilon \cdot K_1) \left( \frac{x}{l_{cc}} \right)^a \quad (2)$$

- граница между зоной интенсивного турбулентного перемешивания и зоной обратных токов:

$$\bar{y}_2 = \frac{y_2}{\bar{b}_0} = 1 - C_1 (1 - \varepsilon \cdot K_1) \left( \frac{x}{l_{cc}} \right)^a \quad (3)$$

- ширина зоны интенсивного турбулентного перемешивания:

$$\bar{\delta} = \frac{\delta}{\bar{b}_0} = \bar{y}_2 - \bar{y}_1 = (1 - C_1) (1 - \varepsilon \cdot K_1) \left( \frac{x}{l_{cc}} \right)^a \quad (4)$$

- граница между транзитным потоком и водоворотной областью:

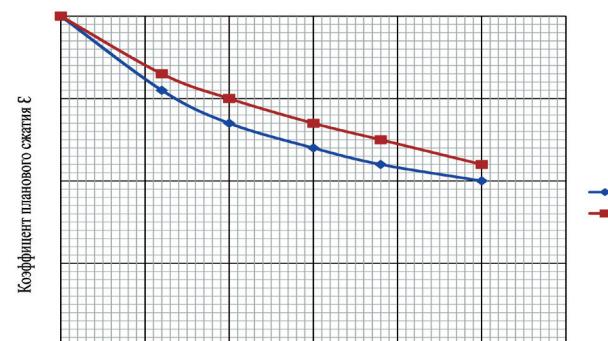
$$\bar{y}_3 = \frac{y_3}{\bar{b}_0} = 1 - (1 - \varepsilon) \left( \frac{x}{l_{cc}} \right)^a \quad (5)$$

Входящие в формулы коэффициенты планового сжатия  $\varepsilon = \varepsilon_T / \varepsilon_o$  и относительной ширины ядра  $K_1 = \varepsilon_{rc} / \varepsilon_T$  установлены на основе экспериментальных исследований в виде соответствующих графиков (рис.4.5).

Как видно из рисунков (рис.4.5) с увеличением чего  $n$ ,  $\varepsilon$  и  $K_1$  уменьшаются, с увеличением угла установки значения  $n$ ,  $\varepsilon$  и  $K_1$  уменьшаются.

Установлено что при  $n < 0,35$ ,  $Fr\bar{b} < 0,35$ ,  $iD < 0,0003$  местоположение створов с максимальным вертикальным и плановым сжатием совпадают, образуется сжатое сечение С-С. Обычно гидравлические характеристики потока равнинных рек не превышает указанных пределов, а условие  $n < 0,35$  отвечает коротким дамбам (шпорам).

Опытные данные показывают (рис.6) что относитель-



**Рис.5. График зависимости относительной ширины ядра от степени стеснения и угла установки дамбы**

ная длина области сжатия  $l_{cc} / B_o$  возрастает с увеличением степени стеснения потока, однако интенсивность этого возрастания при всех  $n$  не одинакова. При изменении стеснения  $n$  от 0,125 до 0,3  $l_{cc} / B_o$  увеличивается для от 0,42 до 0,71, а при  $n=0,35 \div 0,5$  от 0,71 до 0,91. Длина  $l_{cc}$  по абсолютной величине возрастает лишь до значения  $n = 0,35$ , дальнейшее увеличение  $n$  приводить к уменьшению  $l_{cc}$ . Увеличение угла установки дамбы также ведет к увеличению относительной длины  $l_{cc} / B_o$  (рис.6).

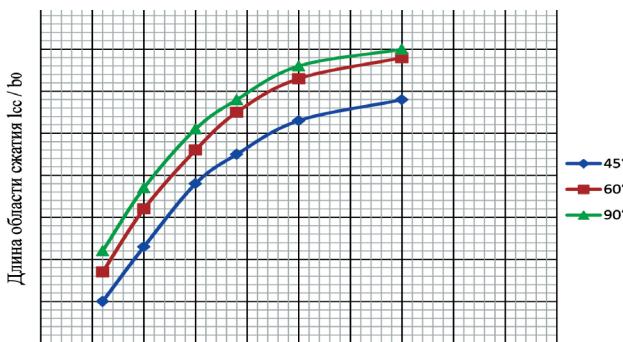
Лабораторными опытами определены остальные коэффициенты входящие в формулы 2,3,4,5  $C_j = 0,15$ ,  $a = 1/3$ .

Длина низовой водоворотной зоны за сжатым сечением определена из уравнения неравномерного движения с учетом касательных турбулентных напряжений на боковых поверхностях по Прандтлю.

$$l_{ns} = \frac{A}{E} \ln \frac{B}{\varepsilon_r} \sqrt{\frac{\Delta \varepsilon_r^2 + E}{\Delta B^2 + E}} \quad (6)$$

где:  $A = 2\alpha Q^2 h_{cp}$ ;  $\Delta = 2g i_{ob} h_{cp}^3$ ;  $E = Q^2 \left( \frac{\lambda_o h_{cp}}{B_{cp}} + \lambda_o + 2,88 \chi^2 \frac{h_{cp}}{\varepsilon_{cp}} - 4\alpha I \right)$

Постоянная Кармана принята  $\chi = 0,21$ , корректифик кинетической энергии  $a = 1,3$ ,  $I = i_o + i_{ob}$ . Здесь  $i_o$  уклон  $i_{ob}$  дна,



**Рис. 6. График зависимости длины области сжатия от степени стеснения потока и угла установки дамбы**

средний обратный уклон водной поверхности на участке растекания,  $B$ ,  $\vartheta_m$  - ширина русла и транзитного потока в сжатом сечении.

При значениях  $a = \frac{\lambda B}{h_{cp}} > 0,2$  обратный уклон  $i_{ob}$  не

образуется и выражение значительно упрощается. Здесь  $- k$  коэффициент гидравлического трения.

По графическим (рис.4,5,6) и аналитическим зависимостям (1,2,3,4,5) подсчитаны плановые размеры потока для условий дамбы  $N_030$ , при  $n=0,24$ ,  $\alpha_d=90^\circ$ . Непосредственными измерениями определены границы отдельных зон, размеры верховой водоворотной зоны, области сжатия и растекания, результаты расчета и сравнение расчетных и натуральных данных приведены в таблице 1.

Введение в русловой поток любой преграды и особенно глухой поперечной дамбы (шпоры) приводят к деформации потока, появляются верховая водоворотная зона, зоны сжатия и растекания, продольные и поперечные перепады глубин и при наличии размываемого грунта ложа

**Таблица 1  
Сравнение расчетных и натуральных данных**

Параметры потока	Единица измерения	Расчетные данные	Натуральные данные	% отклонения
$\mathcal{E}$	-	0,86	0,94	8,5
$K_l$	-	0,88	0,82	7,1
$Y_1$	м	116,41	126,6	8,4
$Y_2$	м	160,3	164,5	2,6
$\vartheta$	м	33,9	38	11,4
$l_{ee}$	м	77,0	60	24,8
$l_{cc}$	м	41,2	36	13,5
$l_{ne}$	м	184	140	27,2

появляются местные и общие размывы русла.

Экспериментальные исследования выполнены в автомодельной области с соблюдением условий равнинных рек числа Фруда  $Fr_b < 0,35$ , числа Рейнольдса  $Re > 10^4$ , условия плановой задачи  $B / h > 6$  при характеристиках дамбы степени стеснения  $n < 0,5$ , угла установки  $\alpha_d < 90^\circ$ . Получены расчетные графические зависимости для определения коэффициента планового сжатия  $\mathcal{E}$ , относительной ширины ядра в сжатом сечении  $\vartheta_{cc}$ , границ гидравлически однородных зон  $Y_1$ ,  $Y_2$ ,  $\vartheta$ , длины верховой водоворотной зоны  $l_{ee}$ , области сжатия  $l_{cc}$  а длина низовой водоворотной зоны за сжатым сечением  $l_{ne}$  установлена теоретическим путем.

Натурные исследования выполнены на дамбе  $N_030$  реки Амударья . Степень стеснения  $n = 0,24$ , угол установки  $\alpha_d = 90^\circ$  , ширина потока 218,3 м, в натурных условиях замерялись длина водоворотных зон, области сжатия, внешняя граница зоны интенсивного турбулентного перемешивания. Сравнение расчетов выполненных на основе графических и теоретических зависимостей с натуральными данными показали отклонение отдельных параметров от 2,6% до 27,2% . Наибольшие отклонения 24,8% и 27,2% были при определении длины верховой и низовой водоворотных зон.

**Выводы.** Экспериментальные исследования работы глухой дамбы проведены с соблюдением условий моделирования по числу Фруда  $Fr_b < 0,35$  в автомодельной области с числом Рейнольдса  $Re > 10^4$  для условий равнинных рек. Предложены графические зависимости для определения основных параметров деформированного потока. Коэффициент планового сжатия  $\mathcal{E}$  уменьшается с увеличением степени стеснения  $n$  и с уменьшением угла установки дамбы  $\alpha_d$  . Относительная длина области сжатия  $l_{cc}$  возрастает с увеличением степени стеснения  $n$  и угла установки дамбы  $\alpha_d$  . Длина верховой водоворотной зоны  $l_{ee}$  возрастает с увеличением степени стеснения  $n$ , числа Фруда  $Fr_b$  и угла установки дамбы  $\alpha_d$  . Для определения длины низовой водоворотной зоны предложена теоретическая зависимость, где касательные турбулентные напряжения на боковых поверхностях приняты по Прандтлю. Натурные исследования выполнены на дамбе  $N_030$  на реке Амударья при  $n = 0,24$  , рабочей длине 52 м. В натурных исследованиях определялись длины верховой водоворотной зоны, области сжатия и растекания, границы гидравлически однородных зон. По экспериментальным и теоретическим зависимостям выполнен гидравлический расчет для условий дамбы  $N_030$  и выполнено сравнение расчетных и натуральных данных. Максимальные отклонения в параметрах длины верховой и низовой водоворотных зон 24,8% и 27,2% соответственно. Полученные данные дают возможность корректировки расчетных данных при проектировании новых дамб на рек Амударья.

№	Литература	References
1	Vaghefi Mohammad, Safarpoor Yaser, Hashemi Seyed Shaker, Civil Engineering - Effects of distance between the T-shaped spur dikes on flow and scour patterns in 90° bend using the SSIIIM model. <a href="https://doi.org/10.1016/j.asej.2015.11.008">https://doi.org/10.1016/j.asej.2015.11.008</a>	Vaghefi Mohammad, Safarpoor Yaser, Hashemi Seyed Shaker, Civil Engineering - Effects of distance between the T-shaped spur dikes on flow and scour patterns in 90° bend using the SSIIIM model. <a href="https://doi.org/10.1016/j.asej.2015.11.008">https://doi.org/10.1016/j.asej.2015.11.008</a>
2	Hossein Basser, Hojat Karami, Shahaboddin Shamshirband, Afshin Jahangirzadeh, Shatirah Akib, Hadi Saboohi Predicting optimum parameters of a protective spur dike using soft computing methodologies – A comparative study <a href="https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2014.04.013">https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2014.04.013</a>	Hossein Basser, Hojat Karami, Shahaboddin Shamshirband, Afshin Jahangirzadeh, Shatirah Akib, Hadi Saboohi Predicting optimum parameters of a protective spur dike using soft computing methodologies – A comparative study <a href="https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2014.04.013">https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2014.04.013</a>
3	Jennifer G. Duan, Li He, Xudong Fu, Quangqian Wang Mean flow and turbulence around experimental spur dike <a href="https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2009.09.004">https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2009.09.004</a>	Jennifer G. Duan, Li He, Xudong Fu, Quangqian Wang Mean flow and turbulence around experimental spur dike <a href="https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2009.09.004">https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2009.09.004</a>

4	Xuelin Tang, Xiang Ding, Zhicong Chen. Large Eddy Simulations of Three-Dimensional Flows Around a Spur Dike <a href="https://doi.org/10.1016/S1007-0214(06)70164-X">https://doi.org/10.1016/S1007-0214(06)70164-X</a>	Xuelin Tang, Xiang Ding, Zhicong Chen. Large Eddy Simulations of Three-Dimensional Flows Around a Spur Dike <a href="https://doi.org/10.1016/S1007-0214(06)70164-X">https://doi.org/10.1016/S1007-0214(06)70164-X</a>
5	X. Liu, B.J. Landry, M.H. García Two-dimensional scour simulations based on coupled model of shallow water equations and sediment transport on unstructured meshes <a href="https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2008.02.012">https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2008.02.012</a>	X. Liu, B.J. Landry, M.H. García Two-dimensional scour simulations based on coupled model of shallow water equations and sediment transport on unstructured meshes <a href="https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2008.02.012">https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2008.02.012</a>
6	Hau-Rong Chung, Te-Yung Hsieh, Jinn-Chuang Yang Two dimensional shallow-water flow model with immersed boundary method <a href="https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2011.08.009">https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2011.08.009</a>	Hau-Rong Chung, Te-Yung Hsieh, Jinn-Chuang Yang Two dimensional shallow-water flow model with immersed boundary method <a href="https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2011.08.009">https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2011.08.009</a>
7	Yaoxin Zhang, Yafei Jia Parallelized CCHE2D flow model with CUDA Fortran on Graphics Processing Units <a href="https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2013.06.021">https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2013.06.021</a>	Yaoxin Zhang, Yafei Jia Parallelized CCHE2D flow model with CUDA Fortran on Graphics Processing Units <a href="https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2013.06.021">https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2013.06.021</a>
8	Бакиев М.Р. Совершенствование конструкций, методов расчетного обоснования и проектирования регуляционных сооружений. Автореферат докт. дисс. – Москва, 1992, – 57 с.	Bakiyev M.R., Sovershenstvovanie konstruktsiy, metodov raschetnogo obosnovaniya i proektirovanie reguljacionnykh sooruzhenij [Improving the structure, design justification methods for regulating structures.] Author's abstract of doctoral dissertation. Moscow, 1992, 57 p. (in Russian)
9	Кадиров О. Совершенствование конструкций и разработка метода гидравлического расчета комбинированных дамб. Автореферат дисс. к.т.н. – Ташкент, 1991. – 27 с.	Kadirov O. Sovershenstvovanie konstruktsiy i razrabotka metoda vgidravlicheskogo rascheta kombinirovannym damb [Improving structures and developing a method for hydraulic calculation of combined dams]. Author's abstract to k.t.n. dissertation. Tashkent. 1991. 27 p. (in Russian)
10	Икрамова М.Р. Влияние плановых очертаний поперечных дамб на гидравлику стесненного потока. Автореф.дисс.к.т.н. – Ташкент, 1991. – 26 с.	Ikramova M.R. Vliyanie planovykh ochertaniy poperechnykh damb na gidravliku stesnenennogo potoka [Impact of plane forms of transverse dams on the hydraulic of contracted flow]. Author's abstract to k.t.n. dissertation. Tashkent. 1991. 26 p. (in Russian)
11	Рахматов Н. Гидравлика стесненного потока при частичном освоении междамбового пространства Автореферат дисс. к.т.н., – Алма-Ата, 1990. – 24 с.	Rakhmatov N. Gidravlika stesnenennogo potoka pri chasticnom osvoenii mezhdambovogo prostranstva [Hydraulics of the constrained flow for partial development of inter-dam area.] Author's abstract c.t.s. dissertation, Alma-Ata, 1990, 24 p. (in Russian)
12	Бакиев М.Р., Якубов К.Т. Сравнительные исследования скоростей обратного и спутного потока за поперечными берегозащитными сооружениями. Журнал "Irrigatsiya va melioratsiya". – Ташкент, 2018, спец. выпуск, – С.60-63.	Bakiev, M.R., Yakubov K.T. Sravnitelnie issledovaniya skorostey obratnogo i sputnogo potoka za poperechnimi beregozashitnymi sooruzheniyami [Comparative research of backflow and adjacent flow velocities beyond bank protection structures.] Jurnal "Irrigatsiya va melioratsiya". Tashkent, 2018. Special edition. Pp.60-63. (in Russian)
13	Бакиев М.Р., Рахматов Н., Янгиеев А.А., Каахоров У.А., Шукрова С.Э., Машарифов У. Амударёнинг Қорақолпопистон Республикаси Тўртқўл, Элликқала, Беруний туманлари ҳамда Хоразм вилояти Ҳонқа, Богот ва Урганч туманлари ҳудудларида ўнг ва чап кирғокларни ювилышдан химоя қилиш бўйича тавсиялар. – Тошкент, 2015, – 34 б.	Bakiev M.R., Rahmatov N., Yangiev A.A., Kahhorov U.A., Shukurova S.E., Masharifov U. Amudaryoning Korakolpokiston Respublikasi Turtkul, Ellikkala, Beruniy tumanlari hamda Khorazm viloyati Khonqa, Bogot va Urganch tumanlari khududlarida ung va chap kirkoklari yuvilishidan khimoya kilish bo'yicha tavsiyalar [Recommendations on scouring protection of left and right banks of Amudarya river in Turtkul, Ellikkala, Beruniy provinces of Karakalpakstan Republic and Honqa, Bogot and Urgench provinces of Khorezm region.] Tashkent, 2015. 34 p. (in Uzbek)
14	Бакиев М.Р., Янгиеев А.А., Джабборова Ш., Бобоҷонова Н., Жаҳонов А., Ҳалимбетов А., Якубов К.Т. Ўзан сув омбори дамбалари ишончли ишланиши таъминлаш бўйича тавсиялар. – Тошкент, 2019, – 27 б.	Bakiev M.R., Yangiev A.A., Djabborova Sh., Bobojonova N., Jahonov A., Halimbetov A., Yakubov K.T. Uzan suv ombori dambalari ishonchli ishlashini ta'minlash buyicha tavsiyalar [Recommendations for providing the reliable operation of channel water reservoir dams.] Tashkent, 2019. 27 p. (in Uzbek)
15	Бакиев М.Р., Якубов К.Т., Маткаримов О.М., Довлатов З.Б. Кўндаланг дамбалар билан сиқилган оқимда муаллақ оқизиклар тақсимланишини далада тадқиқот қилиш усуллари ва байзи натижалари // "Irrigatsiya va melioratsiya" журнали. – Тошкент, 2020. – №1(19). – Б. 24-28.	Bakiev M.R., Yakubov K.T., Matkarimov O.M., Dovlatov Z.B. Kundalang dambalar bilan sikelgan okimda muallak okiziklar taksimlanishini dalada tadakkot kilish usullari va bazi natizhalari [Field research methods and some results for distribution of suspended sediment in flow constrained by transverse dams.] "Irrigatsiya va melioratsiya" №1(19), Tashkent 2020, 24-28 Pp. (in Uzbek)
16	Михалев М.А. Физическое моделирование гидравлических явлений. – С.Петербург, 2010, – 442 с.	Mihalev M.A. Fizicheskoe modelirovanie hidravlicheskikh yavlenij [Physical modelling of hydraulic phenomenon.] St.Petersburg, 2010. 442 p. (in Russian)
17	Михалев М.А. Гидравлический расчет потоков с водоворотом. – Ленинград: Энергия, 1971. – 184 с.	Mixalev M.A. Gidravlicheskiy raschet potokov s vodotorotom [Hydraulic design of flow with vortex.] Leningrad, 1971. 184 p. (in Russian)
18	Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – Москва: Наука, 1969. – 714 с.	Shlichting G. Teoriya pogranichnogo sloya [Boundary word theory.] Science, Moscow. 1969. 714 p. (in Russian)
19	Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. – Москва: Физматгиз., 1960. – 350 с.	Abramovich G.N. Teoriya turbulentnikh struy [Theory of turbulent streams.] Fizmatgiz., Moscow. 1960. 350 p. (in Russian)
20	Azinfar Hossein & Kells A. James, Flow resistance due to a single spur dike in an open channel//Journal Of Hydraulic Research Published Online: 26 Apr 2010.	Azinfar Hossein & Kells A. James, Flow resistance due to a single spur dike in an open channel//Journal Of Hydraulic Research Published Online: 26 Apr 2010.

УДК: 621.67, 626.83

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ПРИ РАБОТЕ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

**О.Я.Гловацкий - д.т.н., профессор, Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем  
Р.Р.Эргашев - д.т.н., и.о.профессора, Ташкентский институт ирригации и механизации сельского хозяйства  
Б.Хамдамов - к.т.н., доцент, Ташкентский государственный технический университет  
Н.М.Исмаилов - инженер, Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем  
Б.Т.Холбутаев - ассистент, Джизакский политехнический институт**

### Аннотация

В статье рассмотрены вопросы управление параметрами неустановившегося движения воды в каналах и насосной станции, обеспечивающих поддержание заданных режимов работы насосных станций в условиях нестационарности. Для реализации цели необходимо решение задач согласования режимов работы агрегатов головной насосной станции (НС) с режимами работы перегораживающих сооружений в условиях опорожнения и заполнения бьефов магистрального канала водой. В статье рассмотрена реализация способа управления водораспределением на математической модели оросительной системы Кашкадарьинской области. При выполнении работы использованы методы гидравлического исследования структуры потока для различных створов в системе «канал-насосная станция». В качестве математических зависимостей для расчета управляющих воздействий затворами перегораживающих сооружений рассмотрены законы регулирования дискретного действия. Данный метод использован при проведении имитационных исследований переходных гидравлических процессов с целью реализации способа управления режимами насосных агрегатов на канале М-1. На основании натурных и модельных исследований получены зависимости, характеризующие условия образования водоворотных ветвей. Вероятность образования и интенсивность водоворотных воронок возрастает у крайних приемных камер. Диаметр воронок достигает половины ширины камер, подача крайних насосов уменьшается в среднем до 94,2% по отношению к средним насосам. Объем водоворотных зон увеличивается при уменьшении числа работающих насосов и достигает 85% объема аванкамеры. Максимальное отклонение от начального уровня, соответствующего установившемуся движению воды в канале, не превышает 0,25 м, что позволяет говорить о высоком уровне управления водоподачей НС в соответствии с принятой схемой. Полученные результаты позволяют повысить эффективность управления водораспределением при работе насосных станций оросительной системы.

**Ключевые слова:** насосная станция, аванкамера, управление режимами, водораспределение, неустановившееся течение воды, перегораживающее сооружение.

## СУГОРИШ ТИЗИМИ НАСОС СТАНЦИЯЛАРИНИ ИШЛАТИШДА СУВ ТАҚСИМОТИНИ БОШҚАРИШ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ

**О.Я. Гловацкий - т.ф.д., профессор, Ирригация ва сув муаммолари илмий тадқиқот институти  
Р.Р.Эргашев - т.ф.д.,профессор, Тошкент ирригация ва қишлоқ хўялигини механизациялаш  
муҳандислари институти, Н.М.Исмаилов - муҳандис, Ирригация ва сув муаммолари илмий тадқиқот институти  
Б.Хамдамов - т.ф.н., доцент, Тошкент давлат техникауниверситети  
Б.Т.Холбутаев - ассистент, Жиззах политехника институти**

### Abstract

Мақола ўзгарувчан шароитларда насос станцияларининг берилган режимларини таъминлаш учун канал ва насос станцияларида сувнинг нотекис ҳаракатланиш параметрларини бошқаришга қаратилган. Мақсадга эришиш учун бош насос станцияси агрегатлари иш режимларини ва магистрал каналларни сувга тўлдириш ва бўшатиш шароитларида сувни тўсиш ва очиши иншоотлари режимларини ўзаро мувофиқлаштириш масаласини ечиш керак. Мақолада Қашқадарё вилояти сугориш тизимида сувни математик модель асосида тақсимлашни бошқариш усулини амалга ошириш кўриб чиқилган. Ишни бажариш даврида «канал-насос станцияси» тизимидағи турли хил створлар учун оқимнинг гидравлик изланиш усууллари кўлланилган. Сув тўсиш иншоотларини бошқариш ҳолатларини математик боғланишлар орқали ҳисоблаш учун ҳаракатланишнинг дискрет тақсимлаш қонуниятлари кўриб чиқилган. Бу усул ўзгарувчан гидравлик жараёнларни имитация изланишларини ўтказишида М-1 канални насос агрегатларини бошқариш усуулларига татбиқ этиш учун кўлланилган. Далада ва моделда ўтказилган изланишлар натижасида сув ўрамалари ҳосил бўлиш йўналишлари кўрсаткичларини ифодаловчи боғланишлар олинди. Четки сув қабул қилиш бўлимларида сув ўрамаларининг ҳосил бўлиш ва содир бўлиш эҳтимоллиги юқори. Сув ўрамаларининг диаметри сув қабул қилиш камералари кенглигнинг ярмигача бориб, четки насосларнинг сув сафи ўртадаги насосларнинг сув сарфига нисбатан ўртacha 94,2 фоизгача камайиб кетади. Ишлатилаётган насосларнинг сони камайиши аванкамерада сув ўрамаларининг ҳосил бўлиш хажмини 85 фоизгача ошишига олиб келади.Каналда сувнинг тургун ҳаракатланишнинг бошлангич давридаги сув сатҳига нисбатан фарқ 0,25 м. дан ошмаганлиги, қабул қилинган схемага асосан насос станциясини бошқаришини юқори даражада эканлигини кўрсатади. Олинган натижалар сугориш тизими насос станцияларини ишлатишида сув тақсимлашни бошқариш самарадорлигини ошириши таъминлади.

**Таянч сўзлар:** насос станцияси, аванкамера, бошқариш тартиби, сув тақсимоти, сувнинг нотекис ҳаракатланиши, сув тўсиш иншоотлари.

# INCREASING THE EFFICIENCY OF WATER DISTRIBUTION MANAGEMENT WHEN OPERATING PUMPING STATIONS OF THE IRRIGATION SYSTEM

**O.Y.Glovatsky - DSc, professor, Research Institute of Irrigation and Water Problems**

**R.R.Ergashev - DSc, professor, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers**

**B.Hamdamov - c.t.s., associate professor, Tashkent State Technical University**

**N.M.Ismailov - engineer, Research Institute of Irrigation and Water Problems**

**B.T.Kholbutaev - assistant, Jizzakh Polytechnic Institute**

## **Аннотация**

The article is to control the parameters of the unsteady movement of water in the canals and the pumping station, which ensure the maintenance of the specified operating modes of the pumping stations under non-stationary conditions. To achieve this goal, it is necessary to solve the problems of coordinating the operating modes of the units of the head pumping station (PS) with the operating modes of the partitioning structures in the conditions of emptying and filling the ponds of the main canal with water. The article discusses the implementation of the method of water distribution control on the mathematical model of the irrigation system of the Kashkadarya region. When performing the work, the methods of hydraulic study of the flow structure for various sections in the "channel-pump station" system were used. The laws of regulation of discrete action are considered as mathematical dependencies for calculating the control actions of the gates of partition structures. This method was used when conducting imitation studies of transient hydraulic processes in order to implement a method for controlling the modes of pumping units on the M-1 channel. On the basis of field and model studies, dependences were obtained that characterize the conditions for the formation of vortex branches. The likelihood of the formation and the intensity of vortex funnels increases at the extreme receiving chambers. The diameter of the funnels reaches half the width of the chambers, the flow of the outer pumps decreases on average to 94.2% in relation to the average pumps. The volume of the whirlpool zones increases with a decrease in the number of operating pumps and reaches 85% of the fore-chamber volume. The maximum deviation from the initial level, corresponding to the steady movement of water in the canal, does not exceed 0.25 m, which allows us to speak of a high level of water supply control in the NS in accordance with the adopted scheme. The results obtained make it possible to increase the efficiency of water distribution control during the operation of pumping stations of the irrigation system.

**Key words:** pumping station, fore-chamber, regime control, water distribution, unsteady water flow, blocking structure.



**Введение.** В Постановлениях Президента Республики Узбекистан в целях дальнейшего совершенствования системы управления водными ресурсами и эксплуатации водохозяйственных объектов, обеспечения эффективности реализации проектов ирригации и мелиорации, а также развития науки в данной сфере определены приоритетные направления по рациональному и эффективному использованию водных ресурсов, обеспечению надежной и безопасной работы водохозяйственных объектов насосных станций. Необходимо достигнуть сокращение потребления электроэнергии не менее чем на 10% за счет широкого внедрения энергосберегающих и энергоэффективных технологий, методов регулирования режима работы насосных станций [1, 2].

В системе Минводхоза Республики Узбекистан функционируют более 20 систем машинного водоподъема для орошения, которые обеспечивают водными ресурсами более 2,1 млн.га орошаемых земель Республики. Для их нормального функционирования эксплуатируются каналы с гидротехническими сооружениями, насосные станции (НС) с энергетическим оборудованием. Для повышения эффективности управления водораспределением при работе насосных станций оросительной системы, уменьшения эксплуатационных расходов необходимо:

- обеспечить внедрение на НС, в первую очередь крупных, энергосберегающих режимов и методов управления гидравлическими процессами;
- установить обоснованные объемы водоподачи НС, обеспеченные техническим состоянием оборудования с учетом повышения уровня его КПД до мировых стандартов;

- провести подконтрольную эксплуатацию НС с уточнением, в первую очередь, напорных параметров современными диагностическими средствами;

- создать условия для постоянного определения реальных характеристик работы НС, в том числе при переходных процессах в условиях эксплуатации;

- устранить выявленные причины потерь энергии из-за отклонения фактических режимов от проектных.

**Анализ современного состояния проблемы и постановка задачи.** Научно исследовательские работы, направленные на методы обеспечения эффективности управления водораспределением при работе насосных станций оросительной системы и надежности систем выполнены в ряде ведущих научных институтов. В научных работах B.Dhillon (Department of Mechanical Engineering University of Ottawa. Kanada), Ch.Singh (Университет Техаса, США), Chuntsin University, Wuhan University (Китай), Wageningen University (Голландия), Universität Hohenheim (Германия), Московская государственная сельскохозяйственная академия, Московский государственный строительный университет (Россия), Ташкентский государственный технический университет, Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (ТИИМСХ), Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем (НИИИВП) Узбекистан [3, 4].

В результате проводимых исследований в мире по совершенствованию конструкции водоприёмных сооружений НС разработаны способы обеспечения равномерного растекания потока на основе составления компьютерной программы Wuhan University (Китай), проведен анализ

рабочих процессов в системе водоподачи и достигнуты определенные положительные результаты по повышению их гидравлических условий работы (Россия, Узбекистан, Польша и Украина) [5, 6]. При эксплуатации систем машинного водоподъема для орошения возникают проблемы стыковки режимов работы подводящего канала, НС, аванкамеры и камеры рабочего колеса, а это, в свою очередь, связано со стыковкой параметров неустановившегося движения воды в системе «канал - насосная станция». Поэтому проблема совершенствования теории неустановившегося движения воды в системе «канал - насосная станция» с целью улучшения их взаимосвязей для обеспечения гарантированной водоподачи потребителям является актуальной и её решение имеет большое народнохозяйственное значение, обеспечивающей уменьшение непроизводительных потерь водных и энергетических ресурсов в системе машинного водоподъема [7, 8]. Для изучения особенностей, соответствующих разным режимам и условиям эксплуатации магистрального канала оросительных систем, а также изучения характера взаимосвязей между параметрами неустановившегося течения воды в процессе управления водораспределением системы канал-насосная станция на имитационной математической модели выполнены исследования переходных гидравлических процессов [9, 10].

В работах авторов Иваненко Ю.Г., Лобанова Г.Л., Ткачева А.А., Жарковского А.А., Горбатова Д.А., Насруллина А.Б., Svoboda D.G., рассматриваются результаты натурных и лабораторных исследований, новые методы управления потоком в аванкамерах НС для обеспечения безопасности эксплуатации, численные методы решения дифференциальных уравнений характеристик неустановившегося течения воды в открытых руслах [3, 5, 6, 7, 8, 9]. Установлено, что для расчётов гидравлических параметров русловых потоков при проектировании систем «канал-насосная станция» с переходными процессами, возможно использовать уравнения неразрывности и определить средний расход за необходимый интервал времени через рассматриваемый створ. Рекомендуемый метод управления эксплуатационными режимами насосных станций предусматривает использование решений уравнений неустановившегося движения для некоторого выбранного момента времени.

**Методы решения.** При выполнении работы использованы методы гидравлического исследования структуры потока для различных створов в системе «канал-насосная станция», при максимальных так и минимальных уровнях воды, для обеспечения нормального функционирования водозаборов, аванкамер, всасывающих труб, а также определение расходов и скоростей воды в промежуточных каналах НС на основе общеизвестных методов измерений. Методика исследований уточнялась в процессе имитационного изучения гидравлических переходных процессов, соответствующих различным режимам эксплуатации открытых каналов. Достоверность полученных данных в ходе теоретических исследований доказана математическими методами проверки адекватности результатов экспериментов и натурных исследований при эксплуатации насосов [11, 12].

**Анализ результатов и примеры.** При проектировании НС вычисляется шаг уровней и расходов на значительном протяжении нижнего бьефа при различных режимах работы НС. Эти данные проверялись для одной из крупных НС Узбекистана. Подача головной НС М-1 в Кашкадарьинской области 15 м<sup>3</sup>/с, высота подъема 27 м. Она

оснащена 5 насосами Д-2500/62 с подачей 3 м<sup>3</sup>/с, мощностью электродвигателя 250 кВт. Удельный расход электроэнергии, определяемый по итогам последних трех лет эксплуатации 2017 - 2019 гг., составил 3.31 кВт на 1000 м<sup>3</sup> воды. НС без замены оборудования эксплуатируется с 1978 г., в результате реальное энергопотребление превышает проектное.

Целью расчета переходных гидравлических процессов является выбор способа управления водораспределением в магистральных каналах: Джизакского, Каршинского на примере НС-1 и М-1 [13, 14].

Для реализации цели необходимо решение задач согласования режимов работы агрегатов головной НС с режимами работы перегораживающих сооружений в условиях опорожнения и заполнения бьефов магистрального канала водой; обоснование точности контролируемых параметров, обеспечивающих устойчивое состояние процесса водораспределения в бьефах канала.

Для математической модели могут быть использованы следующие исходные данные, полученные в результате натурных исследований:

- гидравлические параметры участков канала: форма поперечного сечения, уклоны, длина участков канала и ширина по дну, заложения откосов, коэффициенты шероховатости;

- гидравлические параметры гидротехнических сооружений: количество и производительность агрегатов головной НС, количество и характеристики регулирующих затворов водоприёмника (табл. 1), ширина затвора -1,5 м, количество затворов-3.

На основе таких исследований разработаны рекомендации по выбору и назначению оптимальных параметров

**Таблица 1**  
**Данные по водоподводящим сооружениям НС**

№ бьефа	Коэффициент расхода	Коэффициент горизонтального сжатия потока	Коэффициент вертикального сжатия потока	Открытие затвора, м	Наличие регулятора
2	0,66	0,97	0,95	2,3	нет
3	0,64	0,96	0,95	2,5	»
4	0,63	0,96	0,94	3,0	»
5	0,65	0,97	0,95	2,5	»
6	0,64	0,96	0,94	2,3	»
7	0,63	0,97	0,95	2,1	»
8	0,66	0,96	0,95	2,0	»
9	0,64	0,96	0,95	1,7	»
10	0,65	0,96	0,94	1,4	да
11	0,63	0,95	0,95	0,8	»

для водораспределения в бьефах и сооружений на них, длин бьефов, уклонов дна канала, напоров и величин открытых затворов при неустановившемся режиме движения воды [15, 16].

Для расчета переходных режимов течения воды в каналах использован программный комплекс, основанный на методе характеристик [17, 18]. Метод характеристик, в отличие от других методов, применяемых для решения аналогичных задач, дает возможность определять время и местоположение (створ) возникновения прерывистых волн. Он наиболее точно приближен к физическим процессам, протекающим в натурных условиях, позволяет

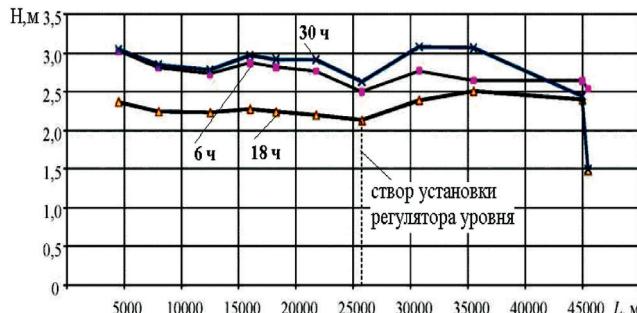
достаточно просто вводить краевые условия. В методе характеристик система одномерных дифференциальных уравнений в частных производных гиперболического типа Сен-Венана с двумя неизвестными функциями и двумя независимыми переменными приводится к эквивалентной системе обыкновенных дифференциальных уравнений. Краевые условия задаются в конструктивных узлах магистрального канала с головной НС. Характерными конструктивными узлами являются: створы волновых возмущений, их отражения, расположенные в начале, в промежуточных сечениях и конце канала.

Контроль за режимом работы и управлением затворами осуществляется в дискретные моменты времени в соответствии с математическими зависимостями, описывающими процесс контроля и управления. В качестве математических зависимостей для расчета управляющих воздействий затворами перегораживающих сооружений рассматриваются законы регулирования дискретного действия. Эти соотношения позволяют в автоматизированном режиме контролировать уровни и расходы воды в верхнем и нижнем бьефах сооружений [19].

Данный метод использован при проведении имитационных исследований переходных гидравлических процессов с целью реализации способа управления водораспределением на канале М-1. За начальные условия расчёта неустановившегося течения воды приняты данные по расчёту установившегося неравномерного течения воды за период 6 ч от начала включения агрегатов НС. Процесс неустановившегося течения воды начинается с момента отключения одного агрегата НС (с изменением расхода с 15 до 12 м<sup>3</sup>/с), он сопровождается понижением уровня воды в бьефах канала. Через 12 часов отключенный агрегат вновь включается (с изменением расхода с 12 до 15 м<sup>3</sup>/с), при этом отборы воды сохраняются на прежнем уровне. Этот процесс сопровождается подъёмом уровней воды в бьефах канала [20, 21]. Таким образом, за 30 ч осуществляется весь цикл процесса управления водораспределением, включающий в себя управление водоподачей на НС. Выборочные результаты расчётов неустановившегося течения воды в бьефах магистрального канала М-1 при отключении и включении одного из агрегатов НС в продолжение одного полного периода активного управления водораспределением приведены в табл. 2.

Зависимости уровня воды на регуляторах в конце указанных бьефов соответствуют принятому дискретному закону изменения уровня воды в заданных диапазонах [22, 23]. На рис.1. представлена зависимость изменения глубин от удалённости головного створа магистрального канала для отбора расходов воды насосной станции без использования регуляторов.

Для рассмотренного процесса управления вод распреде-



**Рис.1. Изменения глубин по длине магистрального канала для отбора расходов воды насосной станцией**

**Таблица 2  
Данные расчёта неустановившегося течения воды  
для отбора расхода 95 %-й обеспеченности**

Гидравлические характеристики по длине канала	Без регуляторов			Регуляторы в бьефах		
	6 ч	18 ч	30 ч	6 ч	18 ч	30 ч
Расход, м <sup>3</sup> /с	15,303	11,659	15,868	15,304	11,658	15,869
Глубина, м	2,820	2,242	2,922	2,820	2,242	2,921
Скорость, м/с	0,817	0,948	0,793	0,818	0,948	0,794
Расход, м <sup>3</sup> /с	15,274	11,777	16,129	15,276	11,776	16,125
Глубина, м	2,774	2,204	2,929	2,767	2,202	2,918
Скорость, м/с	0,781	0,905	0,748	0,785	0,906	0,753
Расход, м <sup>3</sup> /с	12,916	10,031	13,811	13,265	10,129	14,117
Глубина, м	2,763	2,287	2,944	2,499	2,130	2,627
Скорость, м/с	0,665	0,722	0,635	0,817	0,926	0,796
Расход, м <sup>3</sup> /с	11,162	9,429	12,462	11,449	9,537	12,733
Глубина, м	2,709	2,373	3,016	2,771	2,393	3,077
Скорость, м/с	0,595	0,636	0,549	0,587	0,634	0,541
Расход, м <sup>3</sup> /с	11,162	9,151	11,269	9,895	9,214	11,493
Глубина, м	2,709	2,490	3,006	2,645	2,509	3,064
Скорость, м/с	0,595	0,567	0,499	0,551	0,564	0,492
Расход, м <sup>3</sup> /с	6,33	6,931	7,454	6,874	7,128	8,965
Глубина, м	2,418	2,669	2,846	2,643	2,395	2,442
Скорость, м/с	0,413	0,927	0,364	0,383	0,473	0,575

делением характерно понижение уровней воды в голове канала, при этом уровни в конечных бьефах превышают заданную глубину, соответствующую установленному режиму движения воды в канале. Имеющиеся емкости канала необходимо рационально использовать с тем, чтобы аккумулировать дополнительные объемы по всей длине канала и использовать их на дальнейших этапах управления водораспределением НС и ГАЭС [23, 24]. С отключением одного агрегата наблюдается значительное снижение уровней в головной части канала.

#### Выводы.

1. Натурные исследования показали, что существующие конструкции водоподводящих сооружений не отвечают сформулированным требованиям подвода воды к насосам при различных условиях работы агрегатов.

2. Объем водоворотных зон увеличивается при уменьшении числа работающих насосов и достигает 85% объема аванкамеры. На основании натурных и модельных исследований получены зависимости, характеризующие условия образования водоворотных ветвей; вероятность образования и интенсивность водоворотных воронок возрастает у крайних.

№	Адабиётлар	References
1	Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-4486 от 9 октября 2019 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления водными ресурсами». – Ташкент, 2019.	Resolution of the President of the Republic of Uzbekistan No. PP-4486 dated October 9, 2019 <i>O merakh po dal'neyshemu sovershenstvovaniyu sistemy upravleniya vodnymi resursami</i> [On measures to further improve the water management system", Tashkent, 2019]. (in Russian)
2	Указ Президента Республики Узбекистан № УП-6024 от 10 июля 2020 года «Концепция развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы», – Ташкент, 2020.	Decree of the President of the Republic of Uzbekistan № UP-6024 dated July 10, 2020 "Kontseptsiya razvitiya vodnogo khozyaystva Respubliki Uzbekistan na 2020-20230 gody" [Concept for the development of water management in the Republic of Uzbekistan for 2020-20230", Tashkent, 2020]. (in Russian)
3	O.Glovatskiy, T.Djavburiyev, Z.Urazmukhamedova, A.Gazaryan, F.Akhmadov Interconnection of influent channel and pumping station units XXII International Scientific Conference on Advanced in Civil Engineering April 18-21 2019 Construction the formation of living environment, 2019, Tashkent.	O.Glovatskiy, T.Djavburiyev, Z.Urazmukhamedova, A.Gazaryan, F.Akhmadov Interconnection of influent channel and pumping station units XXII International Scientific Conference on Advanced in Civil Engineering April 18-21 2019 Construction the formation of living environment, 2019, Tashkent.
4	Иваненко Ю.Г., Лобанов Г.Л., Ткачев А.А. Численный метод решения дифференциальных уравнений характеристик неуставновившегося течения воды в открытых руслах // Изв. вузов Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. №1. Россия, 2000. – С. 56 - 60.	Ivanenko Yu.G., Lobanov G.L., Tkachev A.A. <i>Chislennyj metod resheniya differentsial'nykh uravnenij kharakteristik neustanovivshegosya techeniya vody v otkrytykh ruslakh</i> [A numerical method for solving differential equations for the characteristics of unsteady water flow in open channels] Izv. universities of the North Caucasus. region. Tech. science. No1. Russia, 2000. Pp. 56-60. (in Russian)
5	О.Р. Азизов, А.С.Газарян, Н.Р.Насырова, Н.М.Исмайлов Повышение безопасности сопрягающих сооружений насосных станций с переходными процессами Научно-практический журнал «Пути повышения эффективности орошаемого земледелия». – Новочеркаск, 2019. – №3(75). – С.74-78.	O.R. Azizov, A.S. Gazaryan, N.R.Nasyrova, N.M. Ismailov <i>Povysheniye bezopasnosti sopryagayushchikh sooruzheniy nasosnykh stantsiy s perekhodnymi protsessami</i> [Improving the safety of connecting structures of pumping stations with transient processes] Scientific and practical journal "Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture" - Novocherkassk, No. 3 (75), 2019. Pp. 74-78. (in Russian)
6	Svoboda, D.G., Ivanov, E.A., Zharkovskii A.A. Influence of the Geometric Parameters of the Impeller of a Free-Vortex Pump on the Energy and Cavitation Characteristics of the Pump Chemical and Petroleum Engineering, Springer US, Vol. 54, Nos. 9-10, January, 2019, Pp. 673-680 DOI: 10.1007/s10556-019-00532-w.	Svoboda, D.G., Ivanov, E.A., Zharkovskii A.A. Influence of the Geometric Parameters of the Impeller of a Free-Vortex Pump on the Energy and Cavitation Characteristics of the Pump Chemical and Petroleum Engineering, Springer US, Vol. 54, Nos. 9-10, January, 2019, Pp. 673-680 DOI: 10.1007/s10556-019-00532-w.
7	Ivanov, E.A., Borshchev, I.O., Zharkovskii A.A., Svoboda, D.G. Technique for axial pump characteristics predicting in CFD package OpenFOAM // AIP Conference Proceedings, Vol. 2141, № 1, 030063 (2019), Oil and Gas Engineering Conference, OGE 2019, Omsk; Russian Federation, 26 February to 28 February 2019; The code 151176, DOI: 10.1063/1.5122113.	Ivanov, E.A., Borshchev, I.O., Zharkovskii A.A., Svoboda, D.G. Technique for axial pump characteristics predicting in CFD package OpenFOAM // AIP Conference Proceedings, Vol. 2141, № 1, 030063 (2019), Oil and Gas Engineering Conference, OGE 2019, Omsk; Russian Federation, 26 February to 28 February 2019; The code 151176, DOI: 10.1063/1.5122113.
8	Д.Р.Базаров, Ф.Қ.Артиқбекова, З.Ўразмұхамедова Насос станциялари тизимидағы каналлarda сув оқимининг характеристикин математик моделлаштиришда құлланиладын гидродинамик тәнгламалар системаси. Irrigatsiya va Melioratsiya журнали. – Тошкент, 2019 – №2(16). – 5-20-23.	D.R.Bazarov, F.K.Artikbekova, Z. Urazmukhamedova <i>Nasos stanziyalari tizimidagi kanallarda suv okimining kharakatini matematik modellasshtirishda kullaniladigan girodinamika tenglamalar sistemasi</i> [System hydrodynamic equations used in mathematical modeling of water flow in canals in the system of pumping stations] Jurnal Irrigatsiya va Melioratsiya, Tashkent, 2019 No2 (16) Pp.20-23. (in Uzbek)
9	Насрулин А.Б., Жураев С.Р., Saidov Ф.С. Изучение влияния гидрологических и гидравлических параметров на режим эксплуатации насосных станций. Интеллектуальный салохият тараккыйт мезони, Республиканский сборник научных трудов. – Ташкент, 2018. – С. 302-306.	Nasrulin A.B., Zhuraev S.R., Saidov F.S. <i>Izuchenije vliyanija gidrologicheskikh i gidravlicheskikh parametrov na rezhim ekspluatatsii nasosnykh stantsiy</i> [Study of the influence of hydrological and hydraulic parameters on the operating mode of pumping stations] Intellectual salohiyat tarakkiyt mesoni, Republican collection of scientific papers, Tashkent 2018, Pp. 302-306. (in Russian)
10	Жарковский А.А., Горбатов Д.А., Иванов Е.А., Борщев И.О. О влиянии чистоты поверхностей на гидравлические потери в центробежном насосе Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика. Современное состояние и перспективы развития // Сборник научных трудов МНТК. – Санкт Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – С. 282-285.	Zharkovsky A.A., Gorbatov D.A., Ivanov E.A., Borshchev I.O. <i>O vliyanii chistoty poverkhnostej na gidravlicheskie poteri v tsentrrobezhnom nasose Gidravlicheskiye mashiny, hidropribody i hidropnevmoavtomatika</i> [On the effect of surface cleanliness on hydraulic losses in a centrifugal pump. Hydraulic machines, hydraulic drives and hydropneumatic automation] Current state and development prospects: Collection of scientific works of the IRTC. St. Petersburg: Publishing house of Polytechnic University, 2018. Pp. 282-285. (in Russian)
11	E.Kan, M.Mukhammadiev, N.Ikramov. Methods of regulating the work of units at irrigation pumping stations. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 869, (2020) 042009.	E.Kan, M.Mukhammadiev, N.Ikramov. Methods of regulating the work of units at irrigation pumping stations. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 869, (2020) 042009.
12	Zharkovskii A.A., Zhurkin, N., Donskoj, A. Numeric modeling and estimating the performance characteristics of a pneumatic driven high pressure pump (2018) MATEC Web of Conferences, 245, article № 09014, DOI: 10.1051/matecconf/201824509014	Zharkovskii A.A., Zhurkin, N., Donskoj, A. Numeric modeling and estimating the performance characteristics of a pneumatic driven high pressure pump (2018) MATEC Web of Conferences, 245, article № 09014, DOI: 10.1051/matecconf/201824509014

13	Гловацкий О.Я., Шарипов Ш. М., Исмаилов Н. М., Сапаров А. Б. Новые методы управления технологическими режимами сопрягающих сооружений насосных станций Научно-практический журнал «Пути повышения эффективности орошаемого земледелия». – Новочеркасск, 2020. – №1(77), – С.74-79.	Glovatskiy O.Ya., Sharipov Sh. M., Ismailov N.M., Saparov A.B. <i>Novyye metody upravleniya tekhnologicheskimi rezhimami sopryagayushchikh sooruzheniy nasosnykh stantsiy</i> [New methods of controlling technological modes of connecting structures of pumping stations] Scientific and practical journal "Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture" - Novocherkassk, No1(77), 2020. Pp. 74-79. (in Russian)
14	О. Я. Гловацкий, Ш. Р. Рустамов, Ш.М.Шарипов Методы управления безопасностью сопрягающих сооружений насосных станций с переходными процессами // Научное обеспечение как фактор устойчивого развития водного хозяйства: сб. науч. тр. – Казахстан, 2016. – С. 143-146.	O. Ya. Glovatskiy, Sh. R. Rustamov, Sh. M. Sharipov <i>Metody upravleniya bezopasnostyu sopryagayushchikh sooruzheniy nasosnykh stantsiy s perekhodnymi protsessami</i> [Methods of safety management of connecting structures of pumping stations with transient processes] Scientific support as a factor of sustainable development of water management: collection of articles. scientific. Kazakhstan, 2016. Pp. 143-146. (in Russian)
15	Н.Р.Насырова, Ш.Р.Рустамов, О.Я.Гловацкий Управление надёжностью насосных станций для обеспечения безопасности эксплуатации // Международный научный форум «Проблемы управления водными и земельными ресурсами», - Россия, 2015. – С.160-167.	N.R Nasirova, Sh.R.Rustamov, O.Ya. Glovatskiy <i>Upravleniye nadozhnostyu nasosnykh stantsiy dlya obespecheniya bezopasnosti ekspluatatsii</i> [Reliability management of pumping stations to ensure operational safety] International scientific forum "Problems of water and land resources management", Russia, 2015. Pp.160-167. (in Russian)
16	О. Я. Гловацкий, Н. Р. Насырова, Р.Р.Эргашев Оценки безопасности и повышение надёжности эксплуатации гидротехнического узла крупных насосных станций // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – Новочеркасск. – № 2(62). – С. 108-113.	O.Ya.Glovatskiy, N.R.Nasirova, R.R.Ergashev <i>Otsenki bezopasnosti i povysheniye nadozhnosti ekspluatatsii gidrotekhnicheskogo uzla krupnykh nasosnykh stantsiy</i> [Assessments of safety and increasing the reliability of operation of the hydraulic unit of large pumping stations] Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. Novocherkassk, No 2 (62). Pp. 108-113. (in Russian)
17	Sh.R.Rustamov, N.R. Nasirova Constructive peculiarities of modernized centrifugal pump European science review. Vienna, 2018. № 3–4. Pp. 278-280.	Sh.R.Rustamov, N.R. Nasirova Constructive peculiarities of modernized centrifugal pump European science review. Vienna, 2018. No 3-4. Pp. 278-280.
18	Насрулин А.Б., Мухаммадиев М.М. Теоретические основы гидроэкологического мониторинга гидротехнических сооружений для внедрения новых инновационных подходов: ГИС-технологии, дистанционное зондирование, водо- и энергосберегающие технологии Международная научно-практическая конференция «вода для устойчивого развития Центральной Азии», 23-24 марта 2018г. Душанбе, Республика Таджикистан Изд. «ПРОМЭКСПО», 2018. С. 388-393	Nasrulin A.B., Mukhammadiev M.M. <i>Teoreticheskiye osnovy gidroekologicheskogo monitoringa gidrotekhnicheskikh sooruzheniy dlya vnedreniya novykh innovatsionnykh podkhodov: GIS-tehnologii, distantsionnoye zondirovaniye, vodo- i energosberegayushchiye tekhnologii</i> [Theoretical foundations of hydroecological monitoring of hydraulic structures for the introduction of new innovative approaches: GIS technologies, remote sensing, water and energy saving technologies] International scientific and practical conference "Water for Sustainable Development of Central Asia", March 23-24, 2018. Dushanbe, Republic of Tajikistan Ed. "PROMEXPO", 2018. Pp. 388-393. (in Russian)
19	Borshev, I., Ivanov, E., Zharkovskii A.A., Donskoy, A., Klyuyev, A. Assessment of acoustic and pulsation characteristics of centrifugal pumps (2019) E3S Web of Conferences, 91, article № 07006 DOI:10.1051/e3sconf/20199107006.	Borshev, I., Ivanov, E., Zharkovskii A.A., Donskoy, A., Klyuyev, A. Assessment of acoustic and pulsation characteristics of centrifugal pumps (2019) E3S Web of Conferences, 91, article № 07006 DOI:10.1051/e3sconf/20199107006.
20	Svoboda, D.G., Zharkovskii A.A., Ivanov, E.A., Shchutskii, S.Y., Dyagilev, P.Y. High-Efficiency Axial Pump for Reactor Use Russian Engineering Research, Allerton Press, Inc., 2019. Vol. 39, №7, Pp. 556-560 DOI:10.3103/S1068798X19070220.	Svoboda, D.G., Zharkovskii A.A., Ivanov, E.A., Shchutskii, S.Y., Dyagilev, P.Y. High-Efficiency Axial Pump for Reactor Use Russian Engineering Research, Allerton Press, Inc., 2019. Vol. 39, No7, Pp. 556-560 DOI:10.3103/S1068798X19070220.
21	Shaazizov F, Uralov B, Shukurov E and Nasrulin A 2019 Development of the computerized decision-making support system for the prevention and revealing of dangerous zones of flooding (E3S Web of Conferences 97 FORM-2019 05040 (2019) <a href="https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199705040">https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199705040</a> ).	Shaazizov F, Uralov B, Shukurov E and Nasrulin A 2019 Development of the computerized decision-making support system for the prevention and revealing of dangerous zones of flooding (E3S Web of Conferences 97 FORM-2019 05040 (2019) <a href="https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199705040">https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199705040</a> ).
22	Жарковский А.А. Свобода Д.Г. Проектирование проточной части осевого насоса с незападающей напорной характеристикой Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневматика. Современное состояние и перспективы развития: Сборник научных трудов МНТК. – Санкт Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – С. 168–175.	Zharkovsky A.A. Svoboda D.G. Proyektirovaniye protochnoy chasti osevogo nasosa s nezapadayushchey napornoj kharakteristikoy [Design of the flow path of an axial pump with a non-falling pressure characteristic] Hydraulic machines, hydraulic drives and hydropneumatic automation. Current state and development prospects ". Collection of scientific works of the IRTC. St. Petersburg: Publishing house of Polytechnic University, 2018. Pp. 168–175. (in Russian)
23	M. Mukhammadiev, A. Nasrulin, A. Mukolyants, D. Ergasheva A complexly method of GIS technologies and optimization models used in the development of environmentally acceptable modes of operation of hydraulic and hydropower facilities in Uzbekistan International Scientific Conference Mathematical Modelling and Methods of Structural Analysis 2019 13th –15th November 2019 Moscow State University of Civil Engineering (MGSU). Moscow, Russia <a href="http://www.mmsa2019.org/">http://www.mmsa2019.org/</a> IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1425 (2020) 012132 DOI: 10.1088/1742-6596/1/0121132.	M. Mukhammadiev, A. Nasrulin, A. Mukolyants, D. Ergasheva A complexly method of GIS technologies and optimization models used in the development of environmentally acceptable modes of operation of hydraulic and hydropower facilities in Uzbekistan International Scientific Conference Mathematical Modelling and Methods of Structural Analysis 2019 13th –15th November 2019 Moscow State University of Civil Engineering (MGSU). Moscow, Russia <a href="http://www.mmsa2019.org/">http://www.mmsa2019.org/</a> IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1425 (2020) 012132 DOI: 10.1088/1742-6596/1/0121132.
24	Mukhammadiev M, Klichev Sh 2018 Use of Pumped Storage Hydroelectric Power Plants in Uzbekistan Applied Solar Energy (ISSN 0003-701X, Vol. 54, No. 6) Pp. 68–71.	Mukhammadiev M, Klichev Sh 2018 Use of Pumped Storage Hydroelectric Power Plants in Uzbekistan Applied Solar Energy (ISSN 0003-701X, Vol. 54, No. 6) Pp. 68–71.

УЎТ: 157. 626

## ТУЯМҮЙИН ГИДРОУЗЕЛИ ТАРКИБИДАГИ КАПАРАС ВА ЎЗАН СУВ ОМБОРЛАРИ СУВНИНГ СИФАТИ

*М.Икрамова - т.ф.д., доцент, Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институти*

*А.Ходжиеев - PhD, катта ўқитувчи, И.Ахмедходжаева - т.ф.н., профессор*

*Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш мұхандислари институти*

### Аннотация

Мамлакатдаги сув ресурслари саноат, қишлоқ хўжалиги, энергетика, коммунал хўжалик каби турли иқтисодиёт тармоқлари томонидан истеъмол қилинади. Мавжуд сув ресурсларининг миқдори чегараланганлиги натижасида аҳолини тоза сув билан таъминлашда муаммолар юзага келмоқда. Мақолада Капарас ва Ўзан сув омборларидағи сувнинг асосий ионлари ва минераллашуви даражаси дала тадқиқотлари ва лаборатория таҳлиллари асосида улардаги сув ҳажми, сув сатҳининг ўзгариши ҳолатини эътиборга олган ҳолда баҳоланган. Бунда сув омборларидағи сувнинг сугориш мақсадида фойдаланилганда минераллик даражаси факат ёз мавсумида, асосан майдан авгуустача бўлган даврларда норматив талабларига жавоб бериши, аҳоли учун ичимлик суви сифатида фойдаланишда эса кўрсаткичилар норматив чегаралардан юқори бўлиб, сульфатлар, хлоридлари ва умумий қаттиқлик даражаси куз, қиш ва баҳор ойларида, сувдаги органик моддалар ва феноллар ийл давомида рухсат этилган концентрация миқдори 10–30 фоизга баланд бўлиши аниқланган. Сув омборларининг мавжуд иш режимини такомиллаштириш орқали Капарас сув омбори сувнинг сифатини ичимлик сув учун яхшилаш бўйича тавсиялар берилган.

**Таянч сўзлар:** сув омбори, сув сатҳи, ҳажм, минерализация, асосий ионлар, физик-кимёвий компонентлар, органик моддалар.

## КАЧЕСТВО ВОДЫ КАПАРАССКОГО И РУСЛОВОГО ВОДОХРАНИЛИЩ ТУЯМУЮНСКОГО ГИДРОУЗЛА

*М.Икрамова - д.т.н., доцент, Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем*

*А.Ходжиеев - PhD., старший преподаватель, И.Ахмедходжаева - к.т.н., профессор*

*Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства*

### Аннотация

Доступные водные ресурсы страны потребляются различными секторами экономики, такими как промышленность, сельское хозяйство, энергетика, коммунальные услуги. Вследствие ограниченного количества доступных водных ресурсов существуют определенные проблемы в обеспечении населения чистой питьевой водой. В статье приводится оценка степени минерализации и содержания основных ионов в воде Капарасского и Руслового водохранилищ на основе полевых исследований и лабораторных анализов с учетом объемов и изменений уровня воды. Было выяснено, что при использовании воды из водохранилищ в целях орошения, минерализация воды соответствует нормативным требованиям только в летний сезон, в основном в период с мая по август, при использовании же воды в питьевых целях для населения, показатели превышали нормативные пределы, а уровень сульфатов, хлоридов и общей жесткости оказались на 10-30% выше допустимой концентрации органических веществ и фенолов в воде осенью, зимой и весной. Даны рекомендации по улучшению качества воды Капарасского водохранилища для питьевой воды за счет улучшения существующего режима работы водохранилищ.

**Ключевые слова:** водохранилище, уровень воды, объем, минерализация, основные ионы, физико-химические компоненты, органические вещества.

## WATER QUALITY OF THE KAPARAS AND CHANNEL RESERVOIRS AT THE TUYAMUYUN HYDRO COMPLEX

*M.Ikramova - DSc, associated professor, Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems*

*A.Khodjiev - PhD, senior lecturer, I.Akhmedkhodjaeva - c.t.s., professor*

*Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers*

### Abstract

The country's available water resources are consumed by various sectors of economy, such as industry, agriculture, energy, communal services. Due to the limited water resources, there are problems in proper water supply to the population. The article provides an assessment of the degree of mineralization and basic ions in the water of the Kaparas and Channel reservoirs based on field studies and laboratory analyses taking into account water volumes in the reservoirs and changes in water level. At the same time, it was identified that water quality exceeds standard indicators. For example, at using water for irrigation purposes salinity was high, and when for drinking purposes, the indicators of sulfates, chlorides and overall hardness in the autumn-winter periods and in spring are high, and indicators of organic substances and phenols higher 10-30% than normal during the year. The recommendations have been developed for improving of water quality taking into account of the reservoir operation mode improvement. Improvement of the water quality of the Kaparas reservoir for drinking water was determined by improving the existing operation of the reservoirs.

**Key words:** reservoir, water level, volume, mineralization, the main ions, the physical and chemical components, organic substances.

**Кириш.** Ўзбекистон Республикасида, Марказий Осиёнинг бошқа республикаларида бўлгани каби, аҳолини ичимлик суви билан таъминлаш ва қишлоқ хў- жалик экинларини сугориш манбалари ер ости сувлари, ер устки дарё сувлари ва сув омборлари ҳисобланади, бирор, Республикада сув етишмаслиги мавжуд. Орол ден-

гизи ҳавзаси таркибидаги барча катта ва кичик дарёларнинг жуда кичик фоизи Ўзбекистон ҳудудида шаклланади. Аммо, уларнинг сувлари асосий дарёлар – Сирдарё ва Амударёга етиб бормайди, чунки тоғ олди ҳудудларида истеъмолчиларни сув билан таъминлаш мақсадида сугориш тизимлари орқали сув ажратиб олинади. Республиканинг кўпроқ қисми дашт, чўй ва текисликлардан иборат бўлиб, бу ҳудудларда чучук сув чегараланган ёки умуман йўқ [1].

Ўзбекистон Республикасида сув захирапарининг етарили эмаслигини инобатга олган ҳолда, сўнгги йилларда турли шаҳар, туман ва қишлоқ аҳолиси учун асосий сув манбаи сифатида ер устки сувларига кўпроқ эътибор қаратилмоқда. Бугунги кунда 3,0 миллиондан ортиқ аҳоли истиқомат қиласидан Кўйи Амударё ҳавзаси ҳудуди истеъмолчиларнинг сув захирапаридан фойдаланишдаги камчиликлар натижасида ушбу ҳудудда оғир вазият юзага келган. Амударёнинг ююри ва ўрта оқимида сугориш ишлари учун сувнинг кераклик миқдоридан кўпроқ олиниши, коллектор-дренаж сувларининг дарёга қайта ташланиши, ва бунда инсон саломатлиги ва қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари учун зарарли моддаларнинг мавжудлиги (нитрат, пестицид ва б.) - шу ҳудудда экологиянинг бузилишига олиб келмоқда [2]. Сугориш мақсадида ишлатиладиган сувнинг сифати ёмонлашуви қишлоқ хўжалиги ерларининг шўрланиши ва сугориладиган ерлар ҳосилдорлигининг 2 баробар пасайиб кетишига ва ичимлик сувнинг сифати ёмонлашишига олиб келган. Бунинг натижасида Амударёнинг қуий қисмида истиқомат қилувчи аҳолининг майший-ичимлик ва ирригация соҳалари учун сувнинг сифат ҳамда миқдори бўйича сув ресурсларининг етишмаслиги кузатилмоқда. [3]. Ўзан ва Капарас сув омборлари Амударёнинг қуий қисмида истиқомат қилувчи аҳолининг майший-ичимлик ва ирригация соҳалари учун сув етказиб бериш учун асосий манба ҳисобланади [4]. Ўзан сув омбори манбаи табиий ва антропоген омиллар таъсирида шаклланувчи Амударё дарёси ҳисобланади. Шунинг учун, сув омборининг сув сифати тўғридан тўғри кириб келаётган Амударёнинг сувига боғлиқ. Шу билан бирга, Ўзан сув омборининг гидрокимиёвий режими дарё сувидан фарқ қиласиди. Сув омборидаги мавжуд сув билан кириб келган дарё суви аралашади ва ундан сувнинг физик-кимиёвий таркиби ўзгариши. Сувнинг димланиши натижасида лойқа аралашмалари билан бирга кимиёвий моддаларнинг қисман чўкиши кузатилади.

Шу муносабат билан, Ўзан ва Капарас сув омборларида сувдан майший-ичимлик ва қишлоқ хўжалик экинларини сугориш учун фойдаланишда энг мақбул ечимини топиш мақсадида кенг қамровли илмий изланишлар олиб бориш мақсадга мувофиқ.

**Тадқиқот мақсади.** Юқорида келтирилган муаммаларни маълум даражада ҳал этиш мақсадида Туямўйин сув омбори таркибидаги Капарас ва Ўзанли сув омборлари сувнинг сифатини дала шароитида ва лаборатория кузатишлари асосида уларнинг гидрологик режими ва гидрорекимиявий ҳолатини ҳар томонлама ўрганиш, олинган натижалар асосида сув сифатини яхшилаш ва қуий Амударё аҳолисини ичимлик суви ва сугоришга бўлган эҳтиёжини қондириш учун тавсиялар ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқот объекти.** Тадқиқот объекти сифатида Хоразм вилоятидаги Туямўйин гидроузели таркибига киричви Ўзан ва Капарас сув омборлари олинган бўлиб, улар дарё сувини ирригация ва энергетика мақсадларида мавсумий ростлаш ва аҳолини тоза ичимлик суви билан таъминлаш учун хизмат қиласиди. Ўзан ва Капарас сув омборлари 1981 йилда биргаликда ишга туширилган (1-расм) [5].

Ўзан сув омборининг дастлабки йиллардаги морфометрик хусусиятлари қуйидагича: узунлиги - 102 км мак-



1-расм. Туямўйин гидроузели

симал кенглиги - 11 км, ўртача кенглиги - 4 км, максимал чуқурлиги - 20 м, ўртача чуқурлиги - 7,7 м, тўла тўлдирилгандаги юза майдон - 303 км<sup>2</sup>, ўлик ҳажм юза майдони 87 км<sup>2</sup>, 2 м.гача бўлган саёз сув майдони 93 км<sup>2</sup> ташкил қиласиди, умумий ҳажми - 2,34 км<sup>3</sup>, фойдали ҳажми - 2,07 км<sup>3</sup>, нормал димланган сув сатҳи белгиси - 130 м, ўлик ҳажм сув сатҳи белгиси - 120 м. Шуни таъкидлаш керакки, лойқа босиш натижасида Ўзан сув омборининг ҳозирги кунда ҳажми 1077 млн. м<sup>3</sup> ни ташкил қиласиди.

Капарас сув омборининг морфометрик хусусиятлари қуйидагича: узунлиги - 16,0 км, максимал кенглиги - 9,0 км, ўртача кенглиги - 4,0 км, максимал чуқурлиги - 36,0 м, ўртача чуқурлиги - 13,7 м, тўла тўлдирилгандаги юза майдон - 70,0 км<sup>2</sup>, ўлик ҳажм юза майдони - 43,5 км<sup>2</sup>, саёз сув майдони (2,0 м гача) - 6,0 км<sup>2</sup>, умумий ҳажми - 0,96 км<sup>3</sup>, фойдали ҳажми - 0,55 км<sup>3</sup>, нормал димланган сув сатҳи белгиси - 130 м, ўлик ҳажм сув сатҳи белгиси - 120 м.

**Ечиш усули:** Аҳолини майший-ичимлик суви билан таъминлаш ва қишлоқ хўжалик экинларини сугориш учун сув сифатини баҳолашда ўрганилаётган сув омборининг 1985 йилдан 1995 гача ва 2001 йилдан 2017 йилгача бўлган даврлар бўйича изланишлар олиб борилди.

Майший-ичимликка фойдаланиладиган сув омбори учун сувнинг сифати O'z DSt 950: 2000 ва O'z DSt 951: 2000 Ўзбекистон Республикасининг давлат стандартлари баҳолаш мезонлари бўйича сув сифати кўрсаткичларининг максимал рухсат этилган концентрацияси (ПДК) меърий ҳужжатлар асосида баҳоланди [6, 7].

Ҳозирги кунгача қишлоқ хўжалиги экинларини сугориш учун Давлат стандарт меърий ҳужжатлари мавжуд эмаслиги сабабли сугориш учун сувнинг сифати қуйидаги муаллифлар томонидан тавсия этилган усууллар бўйича баҳоланди: И.Л.Хосровянц, Э.И.Чембарисов [8], М.Ф.Буданов [9], А.М.Можайко, Т.К.Воротник [10], А.Н.Костяков [11] ва H. Stabler [12], АҚШ атроф-мухитни муҳофоза қилиш агентлиги (United States Environmental Protection Agency(Sodium Adsorption Ratio; SAR) [13]. И.Л.Хосровянц ва Э.И.Чембарисов томонидан сугориш сувнинг сифатини комплекс (интеграциялашган) усуулда этиштирладиган экинларининг ўсиши ва сугориладиган ерларнинг ҳолатига салбий таъсирини ҳисобга олган формулалар ёрдамида баҳолаш таклиф қилинган (1-жадвал).

H. Stabler сугориш сувнинг ишқорли тавсифини тақлиф қиласиди (*Ka*). У қуйидаги кўрсаткичлар асосида сувни учта турга ажратади: 1-тур:  $Na^+ - Cl^- \leq 0$ ; 2-тур:  $0 < Na^+ - Cl^- < SO_4^{2-}$  ва 3-тур:  $Na^+ - (Cl^- + SO_4^{2-}) > 0$ . Барча ионлар ммол/дм<sup>3</sup> да. *Ka* нинг миқдори сувнинг ҳар бир турни учун формуулалар ёрдамида аниқланади. Амударёнинг суви 2-турга тегишли, шу сабабли *Ka* қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$Ka = \frac{288}{Na^+ + 4Cl^-}$$

Ка нинг миқдори сугориш суви учун қуйидаги тартибда

**Сувнинг минерализацияси (мг/л) ва барча ионларини (ммоль/дм<sup>3</sup>) комплекс (интеграциялашган) усулда баҳолаш**

№	Мумкин бўлган салбий ва миқдорий кўрсатгичлар	Фойдаланиш шартлари
1	Тузланиш хавфи: $K_1 = \frac{M(\text{мг/л}) * 0,03}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$	Агар $K_1 < 4$ , сув ҳар кандай тупрокни сугориш учун ярокли; $K_1=4-5$ да кумок тупрокларни сугориш учун ярокли; $K_1 = 5-6$ да қумли тупрокларни сугориш учун ярокли;
2	Сода ҳосил бўлиш хавфи: $K_2 = (\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$	Агар $K_2 < 1,25$ ммоль/дм <sup>3</sup> сугориш учун хавфисиз деб хисобланади; $K_2 = 1,25-2,5$ ммоль/дм <sup>3</sup> да кислатали тупрокларни сугориш учун ярокли; $K_2 > 2,5$ ммоль/дм <sup>3</sup> да сув сугориш учун яроксиз
3	Натрий тузининг хавфлилиги: $K_3 = \frac{Na^+ + Mg^{2+} + Ca^{2+}}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$	$K_3 > 4$ бўлган тузланиша ўрта ва оғир кумокли тупрокларни сугоришда мумкин; $K_3 > 5-6$ бўлган тузланиша енгил кумок ва кумок тупрокларни сугоришда мумкин .
4	Магний тузининг хавфлилиги: $K_4 = \frac{Mg^{2+} * 100\%}{Ca^{2+} + Mg}$	$K_4 > 50\%$ Магний шўрланиши юзага келади.
5	Хлоридли шўрланиш хавфи: $K_5 = \frac{2Cl + SO_4^{2-}}{2}$	$K_5 = 3-7$ ммоль/дм <sup>3</sup> да паст ўтказувчани тупрокни; $K_5 = 7-15$ ммоль/дм <sup>3</sup> – ўртacha ўтказувчани тупрокни; $K_5 = 15-20$ – яхши сув ўтказувчани тупрокни сугориш мумкин

баҳоланади: 18 ва ундан катта – яхши; 18-6 – қониқарли; 6-1,2-қониқарсиз; 1,2 ва ундан кичик – ёмон. Барча ионлар  $\text{ммоль/дм}^3$  да.

АҚШ Қишлоқ хўжалиги департаменти №969 доирасида сугориш сувини, тупроқнинг шўрланиши ва ишқорланиш хавфини аниқлаш асосида таснифлайди. Тупроқнинг ишқорланишини (шўрланишлик даражасини) аниқлаш учун сувдан тупроқга  $Na$  ютилиш коеффициенти SAR қабул қилинади. У қўйидаги формула орқали аниқланади:

$$SAR = \frac{\frac{Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}}{\sqrt{\frac{2}{2}}} = \frac{Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$$

FAO томонидан қабул қилинган SAR бўйича тупроқни шўрланишга олиб келадиган сугориш сувнинг хавфлилик даражаси қўйидагича:  $SAR < 3$  – хавфли эмас;  $SAR = 3-9$  ўртacha хавф;  $SAR > 9$  хавфнинг ортиши [14, 15].

М.Ф. Буданов фикрига кўра, минерализацияси 1000–3000 г/л.ни ташкил қилган,  $\frac{Na^+}{Ca^{2+}}$  нисбати 1 дан ошмаган ёки  $\frac{Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$  нисбати 0,7 дан ошмаган барча сувларни сугориш учун ишлатиш мумкин.

А.М. Можайко ва Т.К. Воротниклар сугориш сувининг сифатини, таркибида  $Na^+ + K^+$  миқдорини барча катионларнинг йиғиндинисин фоизда тавсифлайди. Агар ушбу нисбат > 75 фоиз бўлган сув шўрланиш бўлган тупроқларни сугориш учун жуда хавфли; 66 – 75 фоизда – хавфли; < 65 фоиз – хавфли эмас. А.Н. Костяков фикрига кўра, сув таркибида минерализация миқдори > 1000 мг/л бўлса сугориш учун хавфли. Умумэътироф этилган тушиналарга кўра, кўпгина экинларни узоқ муддатли сугориш учун таркибида 1000 мг/л дан ошмайдиган тузлар, 500 мг/л кўп бўлмаган сульфатлар ва 350 мг/л хлоридларни ўз ичига олган сув мос келади [16, 17].

Сувнинг кимиёвий таркибини ўрганиш дала тадқикотлари ва лабораторияда олиб борилди. Бошлиғич ҳолатда, сув ҳарорати, шаффофлиги, pH қиймати ва таркибидаги эриган кислород миқдори аниқланди. Сувнинг кимиёвий таркибидаги қолган ингредиентларнинг концентрацияси ИСМИТИ ва Ўзбекистон Республикаси Гидромет лабораторияларида аниқланди. Сув намуналари Молчанов батометри ёрдамида олинган. Ўзан ва Капарас сув омборларида сув сифати табиий кузатиш ишлари учта ажратиб олинган створ бўйича текширилган бўлиб, ҳар бир створда – бир вақтда ва бир хил сув сатҳида олиб борилган. Ўзан

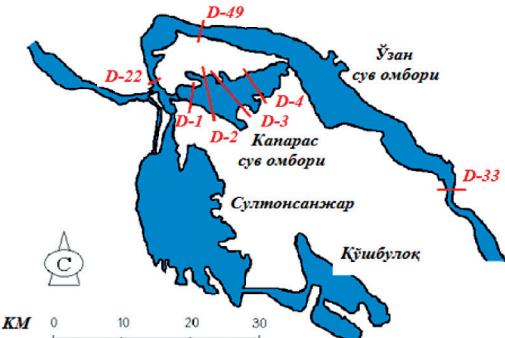
сув омборидан D-33, D-49 ва D-22 створларидан битта вертикал бўйича, Капарас сув омборидан D-1 створида 3 та вертикал, қолган D-2, D-3 ва D-4 створлардан 4 та вертикал бўйича сув намуналари олинди (2-расм).

**Натижалар таҳлили ва мисоллар.**

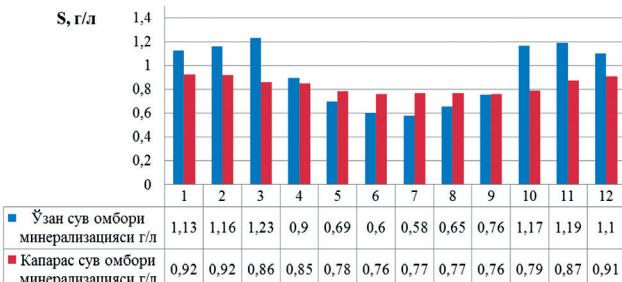
Ўзан сув омборининг турли қисмларида сувнинг таркибидаги тузлар миқдори бир хил эмас. Кузатиш даврида Лебаб қисми (33 створ)да сувнинг минерализацияси 553 дан 2147 мг/л оралиғида, сув омбори тўғонига яқин қисми (22 створ)да 583 дан 1700 мг/л оралиғида ўзгаргани кузатилди [18, 19].

Куз-қиши ва баҳор мавсумларида сув омборидаги сувнинг минерализацияси максимал кўрсаткича етади, ёзда эса минимал ҳолати қайд этилди (3-расм).

Умумий сувнинг қаттиқлик даражаси Лебапда 5-6 дан 14 ммоль/дм<sup>3</sup>, сув омбори тўғонига яқин қисмida 4,8 дан



2-расм. Створларнинг жойлашуви схемаси



**3-расм. Капарас ва Ўзанли сув омборларига ўзғилган сувнинг ўртача ойлик минерализацияси (S, г/л)**

13,5 ммоль/дм<sup>3</sup> оралиқда ўзгариши кузатилди. Маиший-ичимлик учун Ўзан сув омбори сувларининг сифатини баҳолаш қўйидаги натижаларни кўрсатди. Лебап створида минерализациянинг ўртача йиллик руҳсат этилган концентрация (РЭК) миқдори 0,6–1,6 г/л оралиқда, максимал РЭК кўрсаткичи 2,1 г/л. га етганлиги кузатилди. Сульфат ионларининг РЭК миқдори мос равишида 0,6 дан 1,5 г/л оралиқда ўзгарган. Ушбу створда хлорид ионларининг ўртача йиллик миқдори сульфатдан паст. Факат 1989 йилда уларнинг миқдори стандарт меъёрлардан 1,5 г/л. га ошган ва қолган кузатув йилларида уларнинг РЭК миқдори 07 дан 09 г/л. гача бўлди. Бироқ, баҳор, қиши ва куз фасларининг маълум ойларида хлориднинг РЭК миқдори 1,9 бараварга ошади. Лебап створида РЭК миқдорининг ўртача кўрсаткичи 1,0 дан 2,1 г/л. гача, максимал кўрсаткичи 1,1 дан 2,4 г/л. гача ошиши кузатилди. Сув омбори тўғонига яқин қисмida сувнинг ўртача йиллик минерализациянинг РЭК миқдори 0,7–1,3 г/л оралиқда, мақсимал РЭК миқдори 0,9–1,7 оралиқда ўзгарди. Сульфат ионларининг ўртача йиллик РЭК

микдори 0,7 дан 1,0 гача, максимал микдори 1,4 гача етади. Хлорид ионларининг ўртача йиллик РЭК микдори 0,7 дан 1,5 гача, максимал микдори 0,8 дан 1,9 гача ўзгарди. Сувнинг қаттиқлик даражаси ушбу створларда жуда юқори бўлиб, ўртача йиллик РЭК микдори 1,0 дан 1,7 ммоль/дм<sup>3</sup> гача, максимал РЭК микдори 1,1 дан 1,9 ммоль/дм<sup>3</sup> гача ўзгариши кузатилди. Сувнинг қаттиқлик даражаси ёз ойларида 1,0 ммоль/дм<sup>3</sup> гача пасайиши кузатилди.

Йилнинг сув билан таъминланганлигининг кўп йиллик кузатувлар таҳлили асосида Ўзан сув омборига келган сувининг ўртача ойлик минерализациясининг ўзгариши куйидаги 2-жадвалда келтирилган.

## 2-жадвал

### Ўзанли сув омборига кирган сувнинг минерализацияси S (г/л) ва ҳажми W (млн.м<sup>3</sup>)

№	Ой	Ҳажм,W (млн.м <sup>3</sup> )		Минерализация,S (г/л)	
		90 %	50 %	90 %	50%
1	Апрель	1370	1640	1.41	1.25
2	Май	1465	2920	1.08	1.03
3	Июнь	2540	2440	0.79	0.70
4	Июль	2475	6260	0.79	0.56
5	Август	3680	5520	0.68	0.60
6	Сентябрь	2310	2610	0.98	0.95
7	Октябрь	1465	1555	1.00	0.98
8	Ноябрь	1735	2010	1.12	1.01
9	Декабрь	1970	2430	0.98	0.93
10	Январь	1550	1805	1.16	1.12
11	Февраль	805	1360	1.77	1.40
12	Март	325	1455	1.75	1.28

Маишӣ-ичимлик учун Капарас сув омбори сувларининг сифатини баҳолаш куйидаги натижаларни кўрсатди: Сувнинг ўртача ойлик минерализация микдори 0,7 дан 2,3 г/л. гача, максимал микдори 2,5 г/л. гача етади. Сульфат ионларининг ўртача ойлик рухсат этилган концентрация микдори 0,7 дан 1,3 г/л. гача, максимал микдори 0,8–2,4 г/л оралиқда ўзгариши кузатилди. Сульфат кансентрациясининг нормадаги микдори ўртача кўп йиллик кузатувларга кўра май ва август ойларига тўғри келди (0,9–1,0 ПДК). Шу билан бирга, ўртача хлор микдори 0,5 дан 2,4 г/л оралиқда, максималл микдори 0,6 дан 3,1 г/л. гача ўзгарди.

Сувнинг рухсат этилган қаттиқлик даражасининг ўртача ойлик микдори 0,7–2,2 ммоль/дм<sup>3</sup> гача, максимал микдори 2,7 ммоль/дм<sup>3</sup> гача етган. Май ойидан август ойигача

бўлган даврда ўртача кўп йиллик сувнинг умумий қаттиқлик концентрация даражаси рухсат этилган меъёрдан 1,4–1,7 марта ортгани кузатилди.

Тадқиқот натижаларидан келиб чиқсан ҳолда, маишӣ-ичимлик учун Ўзан ва Капарас сув омборлари сувнинг минерализация таркибини баҳолаш шуни кўрсатди, фақат ёз мавсумида, асосан майдан август ойигача бўлган даврларда сув норматив талабларига жавоб беради. Йилнинг бошқа ойларида сувнинг минерализацияси, асосий ионлар ва қаттиқлик даражаси рухсат этилган концентрация микдоридан ошиши кузатилди. Шу билан бирга, сувнинг умумий қаттиқлик даражаси, ҳатто ёз ойларида ҳам рухсат этилган концентрация микдоридан 10–30 фоизга ошиши кузатилди.

Вегетация даврида сув омборларидаги сувнинг суғориши меъёrlарига мос келиши дарёнинг кўп ва ўртача сув билан таъминланган йилларда кузатилди. Кўп ҳолларда сувнинг суғориши меъёrlарига мос келмаслиги кам сувли йилларга тўғри келади. Қиши мавсумларда ерларни суғориш ва шўрини ювишда тупроқнинг шўрланиш эҳтимоли юқори ҳисобланади, чунки бу даврда суғориш сувнинг сифатининг пасайиши кузатилди. Бунга биринчи навбатда, сульфат ва натрий ионларининг юқори концентрацияси билан боғлиқ бўлиб, бу сувнинг минерализациясининг ошишига олиб келади.

**Хулоса.** Ўзан ва Капарас сув омборларининг сув сифатини яхшилаш учун қуйидаги тадбирларни амалга ошириш лозим:

- “Сув ичишга яроқли” давлат стандартига жавоб берада оладиган зарурий сув сифати фақат Капарас сув омборидаги сувнинг минераллашув даражаси сувнинг қаттиқлиги ва феноллар концентрациясини ҳисобга олмагандан жавоб берада олади.

- Амударёнинг ўрта оқимида коллектор-дренаж сувларини дарёга ташлашни қисман ёки тўлиқ тўхтатиш.

- Автоматлаштирилган тизимдан фойдаланилган ҳолда сув сифати мониторинги ва ахборот таъминотини яратиш.

- Сув омборлари ва гидротехник иншоотлари атрофида сувни муҳофоза қилиш ва санитария худудларини яратиш.

- Сув омборларининг мавжуд иш режимини истемолчиларнинг талаби ҳамда дарёнинг сувлилик даражасини ҳисобга олган ҳолда такомиллаштириш ва тавсиялар ишлаб чиқиш.

- Капарас сув омборини сувга тўлғазиш дарёнинг сувлилик даражасидан қаътий назар апрель ойи охиридан сентябрь ойига қадар амалга ошириш лозим.

- Ифлослантирувчи моддалар концентрациясини қаътий чоралар олиб борган ҳолда ва қўшимча сарф-харажатлар орқали пасайтириш.

№	Адабиётлар	References
1	Икрамов Р.К., Принципы управления водно-солевым режимом орошаемых земель Средней Азии в условиях дефицита водных ресурсов. Монография. – Ташкент: Гидроингео, 2001.	Ikramov R.K., <i>Prinsipy upravleniya vodno-solevym rezhimom oroshayemykh zemel Sredney Azii v usloviyakh defitsita vodnykh resursov</i> [Principles of management of a water-salt mode of the irrigated lands of Central Asia in conditions of deficiency of water resources]. The monograph. Tashkent: HYDROINGEO, 2001 (in Russian)
2	Икрамова М.Р., Повышение эффективности использования водно-земельных ресурсов в низовьях реки Амударья в условиях продолжающегося экологического кризиса, НГО "САНИИРИ", НИО. – Ташкент, 2003. – С. 5-19.	Ikramova M.R., <i>Povishenie effektivnosti ispolzovaniya vodno-zemelnykh resursov v nizovyah rek Amudarii v usloviyakh prodolzhayushchegoся ekologicheskogo krizisa</i> [Increasing the efficiency of the use of water and land resources in the lower reaches of the Amudarya river in the context of the ongoing environmental crisis], NPO "SANIIRI", NIO, Tashkent, 2003 Pp. 5-19. (in Russian)
3	Икрамова М.Р., Совершенствование режима эксплуатации водохранилищ, обеспечивающих снижение негативных последствий для низовьев (на примере водохранилищ Тюяму-юнского гидроузла на р.Амударья), НГО "САНИИРИ", НИО. – Ташкент, 2009. – С. 5-12.	Ikramova M.R., <i>Sovershenstvovanie rezhima ekspluatatsii vodokhranilish, obespechivayushkh snyjenie negativnykh posledstviy dlya nizovev (na primere vodokhranilish Tyuyamuyunskogo gidrouzla na r.Amudarya)</i> [Improvement of the regime of operation of reservoirs, ensuring the reduction of negative consequences for the lower reaches (by the example of reservoirs of the Tyuyamuyun hydroelectric complex on the Amudarya river)], NPO SANIIRI, NIO, Tashkent, 2009, Pp. 5-12. (in Russian)

4	Каюмов О.А., Оценка и прогноз экологического состояния Капарасского водохранилища с целью разработки водоохраных мероприятий и определения обоснованных требований к режиму работы ТМГУ по обеспечению качества питьевой воды в низовьях р. Амударьи. НПО. "САНИИРИ", – Ташкент, 2002. – С. 60-74.	Kajumov O.A., <i>Otsenka i prognoz ekologicheskogo sostoyaniya Kaparasskogo vodokhranilisha s selyu razrabotki vodoohrannyykh meropriyatiy i opredeleniya obosnovannykh trebovaniy k rezhimu raboty TMGU po obespecheniyu kachestva pitevoy vody v nizovyakh r. Amudari</i> [Assessment and forecasting of ecological conditions of Kaparas Reservoir with objective of development of water-protection actions and definitions of the requirements to the THC operation on maintenance of potable water quality in a lower reaches of the Amu Darya River]. Scientific Production Assosiation "SPA SANIIRI ", Tashkent, 2002. Pp.60-74. (in Russian)
5	Ходжiev А.К., Влияние гидрологического режима водохранилища на русловые процессы (на примере Туямуунского водохранилища). Диссертация на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по техническим наукам, – Ташкент, 2019. – С. 122-126.	Khodjiev A.K., <i>Vliyanie gidrologicheskogo rejima vodokhranilisha na ruslovie protsessi (na primere Tuyamuyunskogo vodokhranilisha)</i> . [Influence of the hydrological regime of the reservoir on channel processes (on the example of the Tuyamuyun reservoir)], Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences, Tashkent, 2019, Pp. 122-126. (in Russian)
6	Государственный стандарт Узбекистана. «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством», О'з DSt 950 : 2000. – Ташкент, 2000. – С. 56-62.	Gosudarstvennyy standart Uzbekistana. Voda pitevaya. Gigienicheskie trebovaniya i kontrol za kachestvom» [State standard of Uzbekistan. «Water drinking. Hygienic requirements and the control over quality»], O'z DSt 950 : 2000. Tashkent, 2000. (in Russian)
7	Государственный стандарт Узбекистана. Источники централизованного хозяйствственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. О'з DSt 951: 2000. – Ташкент, 2000.	Gosudarstvennyy standart Uzbekistana. Istochniki sentralizovannogo khozyaystvenno-pitevogo vodosnabzheniya. Gigienicheskie, tekhnicheskie trebovaniya i pravila vybora [State standard of Uzbekistan. Sources of the centralized drinking water supply. Hygienic, technical requirements and rules of a selection]. O'z DSt 951 : 2000. Tashkent, 2000. (in Russian)
8	Хосровянц И. Л., Чембарисов Э. И. О методологии оценки качества воды для орошения. Сб. науч. Тр. «Проблемы опреснения минерализованных вод для сельскохозяйственного водоснабжения». В/О Союзводпроект, – Москва, 1988. – С. 55-61.	Hosrovjants I., Chembarisov E.I. O metodologii otsenki kachestva vody dlya orosheniya. [Irrigation water quality assessment methodology]. Collection of scientific papers «Problems of saline desalination waters for agricultural water supply ». In/about Soyuzvodproekt, Moscow, 1988, Pp. 55 – 61. (in Russian)
9	Буданов М.Ф. Система и состав контроля за качеством природных и сточных вод при использовании для орошения. – Киев, 1970. – С.28-34.	Budanov M.F. Sistema i sostav kontrolya za kachestvom prirodnikh i stochnykh vod pri ispolzovanii dlya orosheniya [System and structure of the quality control of natural and sewage water for irrigation]. Kiev, 1970. Pp.28-34. (in Russian)
10	Можайко А.М., Воротник Т.К. Гипсование солонцеватых каштановых почв УССР, орошаемых минерализованными водами, как метод борьбы с солонцеванием этих почв. Тр. Укр. НИИ почвоведения, т. 3, – Киев, 1958. – С.111-208.	Mozhaiko A.M., Vorotnik T.K., <i>Gipsovaniye solonsevatikh kashtanovikh pochv USSR, oroshaemikh mineralizovannimi vodami, kak metod borbi s solonsevaniem etikh pochv</i> [Gypsum plastering of alkaline chestnut soils of the Ukrainian SSR, irrigated with saline waters, as a method of combating alkalinity of these soils]. Tr. Ukr. Research Institute of Soil Science, vol. 3, Kiev, 1958, Pp.111-208. (in Russian)
11	Костяков А.Н. Основы мелиораций. – Москва, 1951. – 750 с.	Kostyakov A.N. <i>Osnoviy melioratsii</i> [Basics of land reclamation]. Moscow: 1951, 750 p. (in Russian)
12	Stabler H., The industrial application of water analyses. U.S. Geological Survey Water Supply Paper No 274 , 1911. Pp. 165 - 181	Stabler H., The industrial application of water analyses. U.S. Geological Survey Water Supply Paper No . 274 , 1911. Pp. 165 - 181
13	Попов Н.С., Святенко А.В., Киреев Е.И., Классификация методов контроля качества природных вод, Тамбовский государственный технический университет им. В.И. Вернадского. №3(47). 2013. – С.245-261	N.S. Popov, A.V. Svyatenko, E.I. Kireev, <i>Klassifikatsiya metodov kontrolya kachestva prirodnikh vod</i> [Classification of quality control methods of natural waters]. Tambov State Technical University named after V.I. Vernadsky. №3(47), 2013. Pp. 245-261. (in Russian)
14	Курбанов Б.Т., Некоторые проблемы оценки качества поверхностных вод на территории Узбекистана, Ученые записки РГГМУ № 55, – Москва, 2019. – С. 129-136.	Kurbanov B.T. Nekotorye problemy otsenki kachestva poverkhnostnykh vod na territorii Uzbekistana, [Some problems of water surface quality assessing in Uzbekistan]. RGGMU, No 55, Moscow. 2019. Pp. 129-136. (in Russian)
15	Landon R. Booker Tropical Soil Manual, 199118. "Strategy of use transboundary return flow in Aral Sea basin". V.A Dukhovny, Dr. Stulina G. Scientific- Information Center of Interstate Coordination Water Commission Tashkent, conference in Cyprus, 2000.	Landon R. Booker Tropical Soil Manual, 199118. "Strategy of use transboundary return flow in Aral Sea basin". V.A Dukhovny, Dr. Stulina G. Scientific- Information Center of Interstate Coordination Water Commission Tashkent, conference in Cyprus, 2000.
16	Притула Л. М., Характеристика средноричного ионного стока реки Десны. Гидрология, гидрохимия и гидроэкология, том II (19). – Киев: Ника-Центр, 2010. – С.147–154	Pritula L.M. <i>Kharakteristika serednorichnogo ionnogo stoku richky Desny</i> [Ion average annual flow characteristics of the Desna river]. Hydrology, hydrochemistry and hydroecology, vol II(19). Nika-Centre, Kiev, 2010. Pp 147–154. (in Russian)
17	Linnik P.N, Zhuravlyova L.A, Samoylenko V.N et al <i>Vliyanie rezhima ekspluatatsii na kachestvo vody Dneprovskikh vodokhranilisch i ustevoy oblasti Dnepra</i> (Operating mode influence on the water quality of the Dnieper reservoirs and its mouth area). Hydrobiol J №. 29(1). 1993. Pp. 86–98	Linnik P.N, Zhuravlyova L.A, Samoylenko V.N et al <i>Vliyanie rezhima ekspluatatsii na kachestvo vody Dneprovskikh vodokhranilisch i ustevoy oblasti Dnepra</i> (Operating mode influence on the water quality of the Dnieper reservoirs and its mouth area). Hydrobiol J №. 29(1). 1993. Pp. 86–98
18	Положения о водоохраных зонах водохранилищ и других водоемов, рек и магистральных каналов и коллекторов, а также источников питьевого и бытового водоснабжения, лечебного и курортно-оздоровительного назначения в Республике Узбекистан. Постановление Кабинета Министров РУз от 7.04. – Ташкент. 1992, № 174.	Polozheniya o vodoohrannyykh zonakh vodokhranilish i drugikh vodoemov, rek i magistralnykh kanalov i kollektorov, a takje istochnikov pitevogo i bytovogo vodosnabzheniya, lechebnogo i kurortno-ozdorovitel'nogo naznacheniya v Respublike Uzbekistan. [Regulations on water-protection zones of water basins and other reservoirs, the rivers and the main canals and collectors, as well as sources of drinking and household water supply, medical and resort purpose in the Republic of Uzbekistan]. UZB Government resolution 7.04. Tashkent, № 174. (in Russian)
19	Николаенко В.А. Состояние и основные проблемы использования поверхностных вод для хозяйствственно-питьевого водоснабжения населения Южного Приаралья. Матер.VI Международный Конгресс «Вода: Экология и технология». ЭКВАТЕК – 2004, ч.1. – Москва, 2004. – С. 558 – 559.	Nikolaenko V.A. <i>Sostoyanie i osnovnye problemy ispolzovaniya poverkhnostnykh vod dlya khozyaystvenno-pitevogo vodosnabzheniya naseleniya Yuzhnogo Priaralya</i> [Condition and major problems of use of superficial waters for economic-drinking water supply of the population Southern Priaraltya]. Mater. VI Int. The congress « Water: Ecology and technology ». EKVATEK. 2004, Moscow: 2004, Pp.558 – 559. (in Russian)

УЎТ: 627.8: 556.555.6

## СУВ ОМБОРЛАРИНИ ЛОЙҚА БОСИШИННИГ НАЗАРИЙ ВА ТАБИЙ ДАЛА ТАДҚИҚОТЛАРИНИНГ ТАҲЛИЛИ

**А.М.Арифжанов - т.ф.д., профессор, Ф.Гаппаров - т.ф.н. доцент, Т.У.Апакхужаева - PhD, катта ўқитувчи  
С.Н.Хошимов - докторант, Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш мұхандислари институти**

### Аннотация

Мақолада сув омборларини лойқа босиш жараёнларини математик модели оқимнинг энергетик ҳолатини инобатга олиб ишлаб чиқилган ва ҳисоблаш усули таклиф этилган. Сув омборининг лойқа босиш жараёнидаги ҳажмини сув омборидаги сув сатхини ўзгаришига боғлиқлиги баҳоланган. Табий дала шароитида ўтказилган тадқиқотлар асосида тавсия этилаётган ҳисоблаш усули таҳлил қилинган ва қиёсий баҳоланган. Табий дала шароитида тадқиқотлар "Чимқўргон", "Тошкент" ва "Жанубий Сурхон" сув омборларида олиб борилган. Тўплланган маълумотлар математик статистика услублари асосида таҳлили натижасида сув омборидаги нисбий лойқаланиш ҳажмини сув омборидаги нисбий сув чуқурлигига боғлиқлигини ифодалайдиган боғланиш олинган ((корреляция коэффициенти 0,96 га тенг бўлди). Олиб борилган тадқиқотлар таҳлили асосида сув омборидаги лойқаланиш микдорининг лойиҳавий параметрларидан 2–3 маротаба юқорилиги белгиланган. Эксплуатация жараёнидаги ўлчовлар "Жанубий Сурхон" сув омборида лойқа чўкиши лойиҳадагига нисбаттан 1,3 маротаба, "Тошкент" сув омборида 2 маротаба, "Чимқўргон" сув омборида 3 маротаба ортиқлигини кўрсатди. Сув омборлари ҳавзасининг лойқа-чўқиндишларга тўлиши юқори бўлишига асосий сабаблардан бири, лойиҳада ҳам, ҳамда эксплуатация жараёнидаги ҳам сув омборларини лойқа-чўқиндишларга тўлишига қарши чора-тадбирлар кўзда тутилмаганлигидадир. Таклиф этилган сув омборларини лойқа тўлишини ҳисоблаш усули унинг ҳажмини ўзгаришини баҳолаш имконини беради, бу сув омборни лойқалиқдан тозалашда чора тадбирларни ишлаб чиқиша фойдаланиши мумкин.

**Таянч сўзлар:** сув омбори, сув баланси, усул, лойқа, сув сарфи.

## АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И НАТУРНЫХ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАИЛЕНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

**А.М. Арифжанов - д.т.н., профессор, Ф. Гаппаров - к.т.н. доцент, Т.У. Апакхужаева - PhD, старший преподаватель  
С.Н. Хошимов - докторант, Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства**

### Аннотация

В статье разработана математическая модель процессов заиления водохранилищ с учётом энергетического состояния потока и предложен метод расчёта. В процессе заиления водохранилища оценена зависимость объёма от изменения уровня воды в водохранилище. На основе исследований, проведённых в натурных полевых условиях рекомендованный метод расчёта сравнительно оценён и проанализирован. Исследования в натурных полевых условиях проведены в Чимкурганском, Ташкентском и Южно-Сурханском водохранилищах. Получена взаимосвязь, выражающая зависимость относительного объёма заиления водохранилища от относительной его глубины (коэффициент корреляции равен 0,96), в результате анализа собранной информации на основе математических статистических методов. На основе анализа приведённых исследований отмечено что заиление водохранилища в 2-3 раза больше, чем проектные параметры. Замеры в процессе эксплуатации показали что заиление в Южно-Сурханском водохранилище в 1,3 раза больше, в Ташкентском водохранилище в 2 раза больше, в Чимкурганском водохранилище в 3 раза больше, по сравнению с проектным. Одной из основных причин повышенного наполнения наносами в водохранилищах, ни в проекте, а также в процессе эксплуатации не предусмотрены мероприятия против заиления водохранилищ. Предложенный метод расчёта заиления водохранилищ, дает возможность, оценки изменения его объёма, который можно использовать при разработке мероприятий по очистке водохранилища от заиления.

**Ключевые слова:** водохранилище, водный баланс, метод, мутность, расход воды.

## ANALYSIS OF THEORETICAL AND NATURAL FIELD STUDIES OF RESERVOIR SILLING

**А.М.Arifjanov - DSc, professor, F. Gapparov - c.t.s., docent, T.U. Apakhujayeva - PhD, senior lecturer  
S.N. Xoshimov - doctorate, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers**

### Abstract

The article developed a mathematical model of the processes of siltation of reservoirs, taking into account the energy state of the flow, and proposed a calculation method. In the process of siltation of the reservoir, the dependence of the volume on the change in the water level in the reservoir was estimated. On the basis of studies carried out in full-scale field conditions, the recommended calculation method is comparatively evaluated and analyzed. Field studies were carried out in the Chimkurgan, Tashkent and Yuzhno-Surkhan reservoirs. A relationship is obtained that expresses the dependence of the relative volume of siltation of the reservoir on its relative depth (the correlation coefficient is 0.96), as a result of the analysis of the collected information based on mathematical statistical methods. Based on the analysis of the above studies, it was noted that the siltation of the reservoir is 2-3 times more than the design parameters. Measurements during operation showed that the siltation in the South-Surkhan reservoir is 1.3 times more, in the Tashkent reservoir it is 2 times more, in the Chimkurgan reservoir it is 3 times more than in the design one. One of the main reasons for the increased loading of sediments in reservoirs, neither in the project, as well as in the process of operation, does not provide for measures against siltation of reservoirs. The proposed method for calculating the siltation of reservoirs makes it possible to assess the change in its volume, which can be used in the development of measures to clean up the reservoir from siltation.

**Key words:** reservoir, water balance, method, turbidity, water flow.



## Кириш ва муаммонинг ҳозирги ҳолатининг таҳлили.

Республикада ахоли турмуш тарзини яхшилаш ва даромадини ошириш мақсадида, қишлоқ ва сув хўжалиги соҳасини жадал ривожлантириш бўйича, Президентимиз ташабbusлари билан кенг кўламли ишлар амалга оширилмоқда. Қишлоқ хўжалигини ривожлантириш баробарида янги ерларни ўзлаштириш ва қайта ўзлаштирилиш, натижада сувга бўлган талаб тобора ошиб боришига сабаб бўлмоқда [1]. Ҳозирги кунда сув омборларининг самарадорлигини ошириш бўйича услубиятларни такомиллаштириш ва улардаги жараёнларни башорат қилиш усулларини ишлаб чиқиши долзарб масалалардан ҳисобланади [2]. Шу жihatдан, сув омборларининг эксплуатацион ишончлигиги ошириш ҳамда уларнинг фойдалари ҳажмини ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш алоҳида аҳамиятга эга. Бу борада, сув омборларининг лойқа босиши ҳолатларини, сув истрофини олдини олиш ҳамда ишончли эксплуатациясини таъминлашга алоҳида этибор қаратилган [3]. Сув омборларининг фойдалари ҳажмини ҳисоблаш, уларнинг лойқа билан тўлиши, сув омборларида сув йўқотилиши масалаларининг назарий асослари қатор олимлар ишларида ўз аксими топган ва маълум ижобий натижаларга эришилган [4, 5]. Сув омборларидаги сув баланси, сув йўқотилиши ва лойқа билан тўлиши масалалари бўйича ҳисоблаш формулалари ва ишлаб чиқилган ҳисоблаш усуллари кўлланиш келинмоқда [6].

Бугунги кунда республикамида ушбу йўналишда олиб борилган кенг миқёсдаги тадқиқотларга қарамасдан сув омборларининг фойдалари ҳажмини ўзгаришини баҳолаш, сув омборларида лойқаланиши ҳажмларини ҳисоблаш ва улар асосида илмий асосланган тадбирлар ишлаб чиқиши каби масалалар долзарб булиб қолмоқда [7]. Сув омборларидан ишончли ва самарали фойдаланишнинг иш режимини ишлаб чиқиша, иншоотларни хавфсиз эксплуатация қилишда сув омборида сакланётган сув ҳажми тўғрисида аниқ маълумотга эга бўлиш лозим [8]. Бу ҳажм сув омборининг ҳар йилги эксплуатацияси натижасида лойқа-чўкиндилар чўкиши ҳисобига тўхтовсиз камайиб боради [9]. Бир йил ичидан сув омборларида миллионлаб кубометр лойқа-чўкиндилар тўпланиши мумкин, бунинг натижасида сув омборларининг фойдалари ҳажми кўлгина хатоликлар билан аниқланмоқда [10]. Демак, эксплуатация даврида сув омборлари ҳажмини тўхтовсиз ўзгаришини табиий дала шароитидаги кузатув маълумотларига асосланган ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиши тақозо этади [11]. Сув омборларининг ҳажмини ҳисоблаш учун уларнинг йиллар мобайнида эксплуатация давридаги сув балансини ташкил этиувчилиари, яъни кириш ва чиқиш сув миқдорларининг йиғинчиси ҳамда ушбу йиллар охирги ойларидаги сув сатхлари ўзгаришидан фойдаланилади [12]. Сув омборларидаги гидравлика жараёнларини баҳолашда меъёрий димланган сатхи (МДС) белгиси ва минимал сув сатхи ўллик сув сатхига (ЎСС) яқин бўлган йиллардаги параметрларга таяниб ҳисоб ишлари олиб борилиши, олинган натижаларнинг ишончлигиги ошиши қатор изланишларда қайд этилган [13]. Алоҳида сув омборларида лойқаланиши ҳисобига сув омбор ҳажмини ўзгаришини баҳолашда юқорида қайд этилган сув сатхларига боғлиқлиги кўп йиллик тадқиқотларда намоён бўлмоқда [14]. Мазкур мақолада лойқаланиши ҳисобига сув омборлари фойдалари ҳажмининг камайиши сув сатхининг ўзгаришига боғлиқ равишда баҳоланган [15].

**Масаланинг қўйилиши.** Маълумки, сув омборининг сув баланси тенгламаси умумий кўринишда қўйидагича ёзилади:

$$\sum K - \sum C \pm A \pm D = 0 \quad (1)$$

бу ерда:  $\sum K$ - сув омборга кираётган сув миқдори;  $\sum C$ - сув омбордан чиқаётган сув миқдори,  $A$ - аккумуляция;  $D$ - қолдиқ.

Сув омборининг эксплуатацияси турли босқичларida сув алмашинувининг алоҳида элементлари ўртасида ўзаро муносабат турлича бўлиши мумкин. Сув омборининг сувга тўлдирилиши даврида унинг ҳажми ва сув юзасининг майдони ортиб боргани сари сув алмашинуви элементлари янада интенсив равишида ўзгариб боради. Сув омборининг эксплуатацияси давомида гидрологик цикл элементлари ўртасида у ёки бу сув омборига хос бўлган, етарли даражада мустаҳкам ўзаро мутаносиблик ҳосил бўлади [16]. Шуни қайд этиш керакки, сув балансининг элементлари бу даврида сезиларли равишида ўзгариб боради. Сув омборининг фойдалари ҳажмига таъсир этиувчи омиллардан бири бу лойқа босишидир. Сув омборининг ҳажми чўкиндилар билан тўлгандা сув омбори-

нинг техник характеристикиси ёмонлашади, ирригацион каналлар ва сув ўтказиш иншоотларига йирик чўкинди лойқаликлар келиб тушади ва сув омборини бошқариш қобилияти камаяди [17]. Юқорида келтирилган ва бошқа асоратлар лойиҳанинг асосий қисмларидан бўлган ҳамда техник ечимларга ва иқтисодий кўрсаткичларга таъсир этиувчи лойқаланишни башоратлаш заруратини туғдиради. Олиб борилган табиий дала шароитидаги тадқиқотлар натижаси шуни кўрсатмоқдаки, режалаштирилган лойқаланиш миқдори ўлчанган лойқаланиш миқдоридан кескин фарқ қиласди [18]. Сув омборларини лойқадан тозалаш катта амалий ва назарий аҳамиятга эга. Бу бир томондан сув омборидан фойдаланиш тизимини яхшилашга хизмат қиласди, иккинчи томондан, дарё чўкиндилирини каналларга узатилиши каналларнинг кольматациясига ва минералларга бой майдада чўкинди заррачаларини ўғит сифатида фойдаланишга имкон беради [19].

**Ечиш усули (услублари).** Сув омборларининг лойқаланишини ҳисобига доир бажарилган А.В.Караулов, К.Ш.Латипов, И.А.Шнерер, В.С.Скрильников, А.М.Арифжанов ва бошқалар изланишларига асосланниб, лойқаланиш жараёнини кўйидаги тартибда кўриб чиқилди. Лойқалик миқдорини сув омборида тақсимланиши оқимнинг энергетик ҳолатига боғлиқлигини инобатга олиб, жараенни ифодалаш учун кинетик энергиянинг ўзгариши ҳақидаги теоремадан фойдаланилди. Лойқалик заррачаларининг кинетик энергиясининг ўзгаришини кўйидаги кўринишда ёзилди [20]:

$$\frac{dE}{dl} = F_i - R_x \quad (2)$$

бу ерда:  $F_i$  - оғирлик ва Архимед кучлари:

$$F_i = -g(\rho_t - \rho)V_t n \sin\alpha \quad (3)$$

$$R_x - қаршилик кучи: R_x = -\frac{1}{2}\rho V_t n \frac{d\vartheta^2}{dl} \quad (4)$$

У ҳолда (3) ва (4) ни (2) га кўйиб:

$$\frac{dE}{dl} = -g(\rho_t - \rho)V_t n \cdot \sin\alpha + \frac{1}{2}\rho V_t n \frac{d\vartheta^2}{dl} \quad (5)$$

бу ерда:  $n$  - ҳажм бирлигидаги қаттиқ заррачалар миқдори;  $\sin\alpha$  - оқимнинг қиялик бурчаги;  $\rho_t$ ;  $\rho$  - мос равишда қаттиқ заррачалар ва суюқлик зичлиги;  $V_t$  - қаттиқ заррачаларнинг ҳажми;  $g$  - эркин тушиш тезланиши;  $\vartheta$  - оқимнинг ўртача тезлиги. Лойқалик оқим кинетик энергияси:

$$E = \frac{2\rho_t V_t \vartheta^2 \cdot n}{3} \quad (6)$$

(6) чи ифодани (5) ифодага кўйиб, лойқалик оқим кинетик энергиясини ўзгариши қўйидагича ёзилади:

$$\frac{dE}{dl} = -g(\rho_t - \rho)V_t \frac{3 - E}{2\rho_t V_t \vartheta^2} \cdot \sin\alpha + \frac{3}{4}\rho V_t \frac{E}{\rho_t V_t \vartheta^2} \frac{d\vartheta^2}{dl} \quad (7)$$

Оқим тезлигини сарф орқали ифодалаб,  $\vartheta = \frac{Q}{\omega}$ ,

(7) тенглама қўйидагича ёзилади:

$$\frac{dE}{dl} = -\frac{3}{2}g \frac{(\rho_t - \rho)}{\rho_t} \frac{E \omega^2}{Q^2} \cdot \sin\alpha + \frac{3}{4}\rho \frac{Ed(\ln\vartheta^2)}{dl} \quad (8)$$

(8) чи тенгламани интеграллаб

$$E = C \cdot \exp \left\{ -\frac{3g(\rho_t - \rho)}{2\rho_t Q^2} \int_0^l \omega^2 \sin\alpha \, dl \right\} \exp \left\{ \frac{3}{4} \frac{\rho}{\rho_t} \ln \vartheta^2 \right\} \quad (9)$$

интеграллаш доимийси  $C$  – ни, бошлангич шартлардан аниқланади.  $l=0$  да;  $E=E_0$ ; ва тенглама қўйидагича ёзилади:

$$E = E_0 \left( \frac{\omega_0}{\omega} \right)^{n_1} \exp \left\{ -\frac{3g(\rho_t - \rho)}{2\rho_t Q^2} \int_0^z \omega^2 \sin\alpha \, dl \right\} \quad (10)$$

Бу йўналишда олиб борилган тадқиқотлар асосида лойқа зарралари миқдоридан лойқалик концентрациясига ўтиб, (10) ифода қўйидагича ёзилади:

$$\frac{s_i}{s_0} = \left( \frac{\omega_i}{\omega_0} \right)^{n_1} \cdot \exp \left\{ -\frac{3g(\rho_t - \rho)}{\rho_t Q^2} \int_0^l \sin\alpha \omega^2 \, dl \right\} \quad (11)$$

$$\text{Лойқалик сарфи: } P_i = s_i Q \quad (12)$$

$$\text{Лойқалик ҳажми: } V_i = s_i Q \cdot t \quad (13)$$

$$\text{Қаралаётган кесимдаги оқим юзасини, чуқурлик функцияси сифатида қараб: } \omega_i = f(H_i) \quad (14)$$

(14) ва (13)- ни (11) га кўйиб, қўйидаги ифода олинади:

$$\frac{V_i}{V_{MDC}} = k \left( \frac{H_i}{H_{MDC}} \right)^{n_1} \quad (15)$$

бу ерда:  $H_{MDC}$  – меъёрий димланган сатҳга мос келувчи чуқурлик,  $V_{MDC}$  – меъёрий димланган сатҳга мос келувчи сув омбор ҳажми,  $k$  ва  $n_1$ - коэффициентлар, табиий дала шароитидаги тадқиқотлар асосида аниқланади.

Келтириб чиқарилган (15) формула сув омборидаги нисбий лойқаланиш ҳажмини сув омборидаги нисбий сув чуқурлигига боғлиқларни ифодалайды.

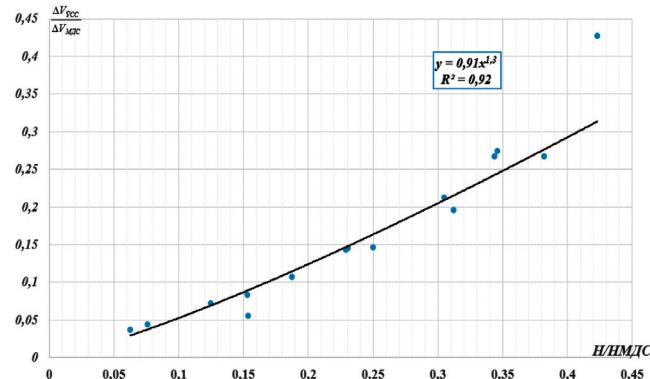
**Натижалар таҳлили ва мисоллар.** Юқоридаги формуладан (15) самарали фойдаланиши учун  $n_i$  ва  $k$  ларни миқдорини аниқлашни талаб этади. Бу коэффициентлар миқдорини аналитик аниқлашни сув омбори ҳажмининг ўзгарувчанлиги анча муракка-блаштиради. Шу боис  $n_i$  ва  $k$  нинг миқдорлари табиий дала шароитида олинган маълумотлар асосида аниқланади, бунинг учун бир неча сув омборларида тўплланган маълумотлардан фойдаланилди. Жумладан "Чимкўргон", "Тошкент" ва "Жанубий Сурхон" сув омборлари ҳавзаларидаги табиий дала шароитидаги кузатув маълумотларидан фойдаланилди (1,2- жадваллар).

#### 1-жадвал

"Жанубий Сурхон" сув омборидаги лойқа-чўқиндилар миқдори

Йиллар	Кузатувлар асосида аниқланган лойқа-чўқиндилар ҳажми, млн.м <sup>3</sup>	Ўртача бир йилликлояқа чўқиндилар ҳажми, млн.м <sup>3</sup>
1975	139,0	10,7
2002	297,0	5,9
2007	335,52	7,7
2019	429,2	7,8

loyқаланиш ҳажмини сув омборидаги нисбий сув чуқурлигига боғлиқларни графиги 1-расмда кўрсатилган. Олинган 1-жадвалдан маълумотлардан юқоридаги формулалардан фойдаланиб дарё ўзанида жойлашган сув омборлари фойдалари ҳажмининг камайиниши аниқлаш формуласи ҳосил қилинди (1-расм):



1-расм. Сув омборидаги нисбий лойқаланиш ҳажмини сув омборидаги нисбий сув чуқурлигига боғлиқларни

#### 2-жадвал

"Тошкент", "Чимкўргон" ва "Жанубий-Сурхон" сув омборларидағи кузатув маълумотлари

Сув омборлари	Тошкент	Чимкўргон	Тошкент	Чимкўргон	Жанубий Сурхон	Тошкент	Чимкўргон	Жанубий Сурхон	Тошкент	Чимкўргон	Чимкўргон	Жанубий Сурхон	Тошкент	Чимкўргон	Жанубий Сурхон
Чуқурлик $H$ , м	2	2	4	4	4	6	6	6	8	8	9	9	10	10	11
$H / H_{MDC}$	0,0625	0,076	0,125	0,153	0,154	0,1875	0,229	0,231	0,250	0,305	0,344	0,346	0,3125	0,382	0,423
$\Delta V_H / \Delta V_{MDC}$	0,036	0,044	0,072	0,083	0,055	0,107	0,143	0,145	0,146	0,212	0,267	0,274	0,196	0,267	0,427

Табиий дала шароитида олиб борилган тадқиқотлар бўйича тўплланган маълумотлар таҳлили шундан далолат берадики, кузатилган сув омборларида лойқаланиш миқдорлари лойиҳавий миқдорларидан 2–3 маротаба юқориларигини кўрсатмоқда. Жумладан "Жанубий Сурхон" сув омборини лойиҳавий ҳисоб бўйича йиллик лойқа чўкиши ҳажми 6,8 млн.м<sup>3</sup> га teng бўлиши таъкидланган. Аммо олиб борилган тадқиқотлар бу миқдор ўзгарувчан характеристга эга бўлиб, охиригина ошиб бораётганлигини кўрсатмоқда. "Жанубий Сурхон" сув омборида эксплуатация йиллардаги ўлчовларда аниқланишича лойқа чўкиши лойиҳадагига нисбаттан 1,3 маротаба ортиклиги кузатилган.

Олиб борилган тадқиқотлар таҳлили асосида худди шундай ҳолат "Тошкент" сув омборида лойқа-чўқиндилар миқдори лойиҳадагига нисбаттан 2 маротаба ортиклиги, "Чимкўргон" сув омборида лойқа-чўқиндиларнинг чўкиши миқдори лойиҳадагига нисбаттан 3 маротаба ортиклиги кузатилган. Табиий дала шароитида олиб борилган тадқиқотлар таҳлили асосида сув омборларидағи лойқаланишни сув сатҳига боғлиқларни таҳлил этилди, таҳлил натижалари 2-жадвалда келтирилган. Тўплланган маълумотларни математик статистика услублари асосида қайта ишлаб (корреляция коэффициенти 0,96 га тенг бўлди), сув омборидаги нисбий лойқаланиш ҳажмини сув омборидаги нисбий сув чуқурлигига боғлиқларни ифодалайдиган ҳисоблаш формуласи (15) даги  $k$  ва  $n_i$ - коэффициентлар аниқланди. Таҳлиллар асосида сув омборидаги нисбий

$$\frac{\Delta V_H}{\Delta V_{MDC}} = 0,95 \left( \frac{H}{H_{MDC}} \right)^{1,26} \quad (16)$$

**Хуласа.** Сув омборларида лойқа-чўқиндилар миқдори уларнинг географик жойлашувига кўра ҳар хил омиллар таъсирида шаклланади, лойқа-чўқиндилар тўпланиши эса ҳавзанинг конфигурациясига ҳам боғлиқ равишда кечади. Олиб борилган кузатув ва фонд маълумотларига кўра, республикамиздаги сув омборларида лойқа-чўқиндилар миқдори лойиҳадагига нисбаттан ўртача 1,5–3 маротаба ортиклиги кузатилган. Тавсия этилаётган усул орқали сув омборлари фойдалари ҳажмининг лойқаланиш таъсирида камайишини ҳисоблашда, сув омборлари эксплуатацияси давридаги сув балансини ташкил этиувчилири, яъни кирувчи ва чиқувчи сув миқдорлари йиғиндиси ҳамда ушбу йилларнинг охиригина ошиб бораётганлигини сув сатҳларидан фойдаланилди. Сув омборлари ҳажми камайишини аниқланишинг ҳисобий катталигини ва сув омборлари эксплуатацияси даврида олиб борилган кузатувлари натижасида олинган маълумотларини таққослаш шуни кўрсатадики, таклиф этилган усул яхши натижаларини беришини кўриш мумкин. Сув омборлари ҳавзасининг лойқа-чўқиндиларга тўлиш тезлиги лойиҳада кўрсатилганидан юқори бўлишига асосий сабаблардан, лойиҳада ҳам, сув омборларидағи лойқа-чўқиндиларга тўлишига қарши чора-тадбирлар кўзда тутилмаганинига аён бўлмоқда.

№	Адабиётлар	References
1	Lotsari E., Wang Y., Kaartinen H., Jaakkola A., Kukko A., Vaaja M., Hyypä H., Hyypä J., Alho P., 2015. Gravel transport by ice in a subarctic river from accurate laser scanning. Geomorphology. Elsevier, 246, Pp.113–122. <a href="https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.06.009">https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.06.009</a>	Lotsari E., Wang Y., Kaartinen H., Jaakkola A., Kukko A., Vaaja M., Hyypä H., Hyypä J., Alho P., 2015. Gravel transport by ice in a subarctic river from accurate laser scanning. Geomorphology. Elsevier, 246, Pp.113–122. <a href="https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.06.009">https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.06.009</a>
2	Arifjanov A., Samiev L., Akmalov Sh. Dependence of Fractional Structure of River Sediments on Chemical Composition. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) ISSN: 2278-3075, Volume-9 Issue-1, November 2019. <a href="http://staff.tiame.uz/storage/users/75/articles">http://staff.tiame.uz/storage/users/75/articles</a>	Arifjanov A., Samiev L., Akmalov Sh. Dependence of Fractional Structure of River Sediments on Chemical Composition. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) ISSN: 2278-3075, Volume-9 Issue-1, November 2019. <a href="http://staff.tiame.uz/storage/users/75/articles">http://staff.tiame.uz/storage/users/75/articles</a>
3	Arifjanov A., L. Samiev, I. Ahmedov Calculation of bottom sediments in mountain rivers based of field data. Asian Journal of Research. Elsevier № 1-3, 2019.	Arifjanov A., L. Samiev, I. Ahmedov Calculation of bottom sediments in mountain rivers based of field data. Asian Journal of Research. Elsevier № 1-3, 2019.

4	Jurík L, Zeleňáková M, Káletová T, Arifjanov A. Small Water Reservoirs: Sources of Water for Irrigation. The handbook of environmental Chemistry. (Nitra. Slovaca). Elsevier, Volume 69, 2019, Pp 115-131.	Jurík L, Zeleňáková M, Káletová T, Arifjanov A. Small Water Reservoirs: Sources of Water for Irrigation. The handbook of environmental Chemistry. (Nitra. Slovaca). Elsevier, Volume 69, 2019, Pp 115-131.
5	Karaushev A. Theory and methods of calculation of river sediments (Leningrad Hydrometeoizdat 1977) 444 p.	Karaushev A. Theory and methods of calculation of river sediments (Leningrad Hydrometeoizdat 1977) 444 p.
6	Fatkhullaev A, Samiev L., Channel processes and river sediments. Tashkent, 2017, 132 p.	Fatkhullaev A, Samiev L., Channel processes and river sediments Tashkent, 2017, 132 p.
7	Sumin Li, Liwei Yuan, Hua Yang, Huaming An, Guangjin Wang, "Tailings dam safety monitoring and early warning based on spatial evolutionprocess of mud-sand flow", Safety Science Journal. Elsevier, № 124 (2020)	Sumin Li, Liwei Yuan, Hua Yang, Huaming An, Guangjin Wang, "Tailings dam safety monitoring and early warning based on spatial evolutionprocess of mud-sand flow", Safety Science Journal. Elsevier, № 124 (2020) <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753519321903">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753519321903</a>
8	Гаппаров Ф.А., Нарзиев Ж., Умаров М. Сув омборлари лойқаланган хажмининг ўзгаришини баҳолаш. "Сув хўжалиги ва суюриладиган ерларни мелиорациясини долзарб муаммолари" (Республика миқёсидаги илмий-амалий ахжуман материаллари, 12 декабрь 2011йил), САНИИРИ Тошкент, 2011. – Б 169 – 172 .	Gapparov F.A., Narziev J., Umarov M. Suv omborlari loyikalangan khazmining uzgarishini bakholash [Assessment of changes in the volume of turbid reservoirs] "Actual problems of water management and reclamation of irrigated lands" (Proceedings of the Republican scientific-practical conference, December 12, 2011), SANIIRI Tashkent, 2011.Pp.169-172. (in Uzbek)
9	Brandt M J, Johnson K M, Elphinston A J, Ratnayaka D D, Hydraulics Twort's Water Supply. Elsevier, Pp. 581–619 (2017) <a href="https://www.sciencedirect.com/book/9780081000250/tworts-water-supply">https://www.sciencedirect.com/book/9780081000250/tworts-water-supply</a>	Brandt M J, Johnson K M, Elphinston A J, Ratnayaka D D, Hydraulics Twort's Water Supply. Elsevier,Pp. 581–619 (2017) <a href="https://www.sciencedirect.com/book/9780081000250/tworts-water-supply">https://www.sciencedirect.com/book/9780081000250/tworts-water-supply</a>
10	Скрыльников В.А. Расчёт заиления водохранилищ. Известия АН УзССР. Серия техн. Наук. –Ташкент, 1988. – №8. – С. 30-33.	Skrylnikov V.A. Raschyt zaileniya vodokhranilish [Calculation of siltation of reservoirs]. Proceedings of the Academy of Sciences of the Uzbek SSR. Tech Series Science. Tashkent 1988. No 8. Pp. 30-33. (in Russian)
11	Садыков А.Х., Гаппаров Ф.А. Метод расчёта ежегодного сокращения объёма водохранилища на основе водных балансов предыдущих лет эксплуатации. Сб. научных трудов (к 80 – летию САНИИРИ им. В.Д. Журина). – Ташкент, 2006. – 51 с.	SadykovA.Kh, Gapparov F.A. Metod rascheta ezhegodnogo sokrachsheniya ob'yoma vodokhranilisha na osnove vodnykh balansov predyduzhshikh let ekspluatatsii [Method for calculating the annual reduction in the reservoir volume based on the water balances of the previous years operation]. Sat. scientific works (on the 80th anniversary of SANIIRI named after VD Zhurin). Tashkent, 2006. 51 p. (in Russian)
12	Hsun-Chuan Chan, Hsin-Kai Yang, Po-Wei Lin, Jung-Tai Lee "Discharge formula for flows over open-check dams" Flow Measurement and Instrumentation Journal. Elsevier, № 72 (2020) <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0955598619302304">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0955598619302304</a>	Hsun-Chuan Chan, Hsin-Kai Yang, Po-Wei Lin, Jung-Tai Lee "Discharge formula for flows over open-check dams" Flow Measurement and Instrumentation Journal. Elsevier, № 72 (2020) <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0955598619302304">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0955598619302304</a>
13	Sami Hassan Elsayed Taglawi, Improving the methods for developing scenarios for managing the operation of reservoirs on rivers with abundant sediment flow. Moscow. 2010. 199 p.	Sami Hassan Elsayed Taglawi, Improving the methods for developing scenarios for managing the operation of reservoirs on rivers with abundant sediment flow. Moscow. 2010. 199 p.
14	А.В.Рахуба, М.В.Шмакова Математическое моделирование динамики заиления как фактора евтрофирования водных масс Куйбышевского водохранилища. Водные экосистемы, – Санкт-Петербург, 2015. – С. 189-193.	A.V. Rakhuba, M.V. Shmakova Matematicheskoy modelirovanie dinamiki zaileniya kak faktora evtrofirovaniya vodnih mass Kuybyshevskogo vodokhranilishcha [Mathematical modeling of the dynamic characteristics of the natural masses of the Kuibyshev reservoir]. Water ecosystems, St. Petersburg, 2015. Pp-189-193.(in Russian)
15	Arifjanov A.M., Apakxojaeva T.U., Dusan H. Sediment movement modein Rivers of Uzbekistan environmental Aspects Acta Horticulturae et regiotecturae Journal. (Nitra. Slovaca) 2018. Pp.10-13	Arifjanov A.M., Apakxojaeva T.U., Dusan H. Sediment movement modein Rivers of Uzbekistan environmental Aspects Acta Horticulturae et regiotecturae Journal. (Nitra. Slovaca) 2018. Pp.10-13
16	Ni, W., Wang, Y., Zou, X., Zhang, J and Gao, J. Sediment dynamics in an offshore tidal channel in the southern Yellow Sea. International journal sediment research. Elsevier, 29, 2014. Pp. 246-259. <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1001627914600408">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1001627914600408</a>	Ni, W., Wang, Y., Zou, X., Zhang, J and Gao, J. Sediment dynamics in an offshore tidal channel in the southern Yellow Sea. International journal sediment research. Elsevier, Vol.29, 2014. Pp. 246-259. <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1001627914600408">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1001627914600408</a>
17	M. ANDREDAKI, A. GEORGULAS, V. HRISSANTHOU, and N. KOTSOVINOΣ, Assessment of reservoir sedimentation effect on coastal erosionin the case of Nestos River, Greece. International Journal of Sediment Research 29. Elsevier, (2014) Pp. 34-48 <a href="https://www.researchgate.net/publication/261371724">https://www.researchgate.net/publication/261371724</a>	M. ANDREDAKI, A. GEORGULAS, V. HRISSANTHOU, and N. KOTSOVINOΣ, Assessment of reservoir sedimentation effect on coastal erosionin the case of Nestos River, Greece. International Journal of Sediment Research 29. Elsevier, (2014) Pp. 34-48 <a href="https://www.researchgate.net/publication/261371724">https://www.researchgate.net/publication/261371724</a>
18	Lucille Furgerot, Dominique Mouaze', Bernadette Tessier, Laurent Perez, Sylvain Haquin, Pierre Weill, Alain Crave Sediment transport induced by tidal bores. An estimation from suspended matter measurements in the Se'e River (Mont-Saint-Michel Bay, northwestern France). ComptesRendus Geoscience Journal. Elsevier, 348 (2016). Pp. 432-441.	Lucille Furgerot, DominiqueMouaze', Bernadette Tessier, Laurent Perez, Sylvain Haquin, Pierre Weill, Alain Crave Sediment transport induced by tidal bores. An estimation from suspended matter measurements in the Se'e River (Mont-Saint-Michel Bay, northwestern France). ComptesRendus Geoscience Journal. Elsevier, 348 (2016). Pp. 432-441.
19	Давранов Г., Фирлина Г., Конструктивно-технологические мероприятия по борьбе с заивлением малых и средних русловых водохранилищ] Техника. Технологии. Инженерия. – Ташкент 2017. – № 2. – С. 108-112.	G.Davranov, G.Firlina. Konstruktivno tekhnologicheskie meropriyatiya po bor'be s zaileniem malykh i srednikh ruslovykh vodokhranilischsh [Design and techno-logical measures to combat siltation of small and medium-sized channel reservoirs] Technique. Technology. Engineering. Tashkent 2017. No 2. Pp. 108-112. (in Russian)
20	Piotr Jacek Gierszewski, MichałHabel, Jacek Szmańda, Małgorzata Luc, Evaluating effects of dam operation on flow regimes and river bed adaptation to those changes Journal. P.J. Gierszewski et al. Science of the Total Environment Journal. Elsevier, № 710 (2020) Pp. 136-144 <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719361984">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719361984</a>	Piotr Jacek Gierszewski, MichałHabel, Jacek Szmańda, Małgorzata Luc, Evaluating effects of dam operation on flow regimes and river bed adaptation to those changes Journal. P.J. Gierszewski et al.Science of the Total Environment Journal. Elsevier, № 710 (2020) Pp. 136-144 <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719361984">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719361984</a>

УҮТ: 631. 313. 6

## КОМБИНАЦИЯЛАШГАН АГРЕГАТ ДИСКЛИ ҒАЛТАКМОЛАЛАРИ ПАРАМЕТРЛАРИНИНГ МАЪҚУЛ ҚИЙМАТЛАРИНИ АНИҚЛАШ

А.К.Игамбердиев - т.ф.д., профессор

Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш мұхандислари институти

Д.К.Муқимова - тадқиқотчи, Тошкент давлат аграр университети Андижон филиали

**Аннотация**

Мамлакатимизда янги шудгорланган майдонларга тақорий экинлар экилмоқда. Бундай шароитда бир ўтишда бир нечта технологик операцияларни бир вақтнинг ўзида бажарадиган комбинациялашган агрегатлардан фойдаланиши са-марали хисобланади. Лекин, бундай агрегатлар ишчи органларнинг параметрлари янги шудгорланган ерларга экиш ол-дидан сифатли ишлов беришга асосланмаганлиги натижасида экишга тайёрлаш технологик жараённи сифатли бажа-риш учун даладан ўтишлар сони, ёнилғи сарфи ва бошқа харажатларнинг ортиши кузатилиб, иш унумини камайишига, тупроқнинг намлиги йўқотилишига, тақорий экинларни ўз вақтида экиб, бир текис ундириб олишга имкони бўлмаяпти. Экиш олдидан янги шудгорланган ерларга ишлов береша асосий ишчи қурол хисобланган янги конструкцияда ишлаб чиқилган ғалтак моланинг маъбул параметрлари экспериментларни математик режалаштириш асосида аниқланган. Янги ҳайдалган ерларни экишга тайёрлашда комбинациялашган агрегат таркибидағи ғалтакмола дисклари диаметри, қалин-лиги, кенглигининг, тик юкланиш ва энергия сарфининг мақбул қиymatlari ўрнатилган. Ўтказилган кўп омилли тажриба натижалари бўйича комбинациялашган агрегатнинг ҳар бир ғалтакмола дискларига тўғри келадиган тик юкланишнинг  $Q=500-600 \text{ H}$ , ҳаракатланиш тезлигининг  $V_e=6.0-8.0 \text{ км/с}$ , ва шунга мос ҳолда параметрларининг  $D = 415-490 \text{ мм}$ ,  $S = 22-25 \text{ мм}$ ,  $L = 60-100 \text{ мм}$  қиymatlariда ерларни кам энергия сарфи билан сифатли экишга тайёрлаш таъминланади.

**Таянч сўзлар:** янги шудгорланган ерлар, экишга тайёрлаш, комбинациялашган агрегат, дискли ғалтакмола, дисклар излари орасининг кенглиги, тик юкланиш, ҳаракат тезлиги, кўп омилли эксперимент.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВЫХ КАТКОВ КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА

А.К. Игамбердиев - д.т. н., профессор

Тошкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

Д.К.Муқимова - исследователь, Андижанский филиал Ташкентского государственного аграрного университета

**Аннотация**

В нашей стране повторные культуры высеваются в свежеспаханных землях. В таких условиях использование комбинированных агрегатов, выполняющих одновременно за один проход несколько технологических операций, считается эффективным. Однако, из-за не приспособленности и обоснованности параметров рабочих органов для качественного выполнения предпосевной обработки почв в свеже вспаханных землях, наблюдается увеличение количества проходов, расхода топлива, потери почвенной влаги и других затрат и в результате снижается возможность своевременного посева и получения дружных всходов повторных культур. Определены рациональные параметры новой конструкции дисковых катков методом математического планирования экспериментов, являющейся основным рабочим органом для предпосевной обработки свежеспаханных земель перед посевом повторной культуры. Установлены оптимальные значения параметров дисковых катков, в качестве основного рабочего органа в агрегате, такие как диаметр, толщины и ширины диска, вертикальной нагрузки, приходящаяся на каждый диск и энергопотребления при предпосевной подготовке свежеспаханных земель к посеву. Результаты подтвердили, что при вертикальной нагрузке, приходящейся на каждый диск комбинированного агрегата  $Q=500-600 \text{ H}$ , скорости движения  $V_e=6.0-8.0 \text{ км/ч}$  и соответственно параметрах  $D=415-490 \text{ мм}$ ,  $S=22-25 \text{ мм}$ ,  $L=60-100 \text{ мм}$  обеспечивается качественная подготовка к посеву при минимальных энергетических затратах.

**Ключевые слова:** свежеспаханные земли, подготовка к посадке, комбинированный агрегат, дисковый каток, ширина между следия, вертикальная нагрузка, скорость движения, многофакторный эксперимент.

## DETERMINATION OF THE RATIONAL VALUES OF THE PARAMETERS OF THE DISC ROLLERS OF THE COMBINED UNIT

A.K. Igamberdiev - DSc, professor, Toshkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers

D.K. Muqimova - researcher, Andijan branch of Tashkent State Agrarian University

**Abstract**

In our country, repeated crops are sown in newly plowed lands. In such conditions, the use of combined units that perform several technological operations simultaneously in one pass is considered effective. However, due to the inadequacy and validity of the parameters of the working bodies for the quality of pre-sowing tillage in newly plowed lands, there is an increase in the number of passes, fuel consumption, loss of soil moisture and other costs and, as a result, the possibility of timely sowing and friendly germination of repeated crops is reduced. The rational parameters of the new design of disk

rollers are determined by the method of mathematical planning of experiments, which is the main working body for pre-sowing cultivation of newly plowed lands before sowing re-culture. The optimal values of the parameters of the disk rollers have been established, as the main working body in the unit, such as the diameter, thickness and width of the disk, the vertical load attributable to each disk and energy consumption during the pre-sowing preparation of newly plowed lands for sowing. The results confirmed that at a vertical load attributable to each disk of the combined unit  $Q = 500-600 \text{ N}$ , the speeds  $V_e = 6.0-8.0 \text{ km/h}$  and, accordingly, the parameters  $D = 415-490 \text{ mm}$ ,  $S = 22-25 \text{ mm}$ ,  $L = 60-100 \text{ mm}$  provides the quality of preparation for landing with minimal energy costs.

**Key words:** freshly plowed land, preparation for planting, combined unit, disk roller, disk, diameter, thickness, width of male succession, vertical load, movement speed, multivariate experiment.



**Кириш.** 2017–2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, хусусан: "...2030 йилгача экин майдонларни оптималлаштириш, ер ва сув ресурсларидан оқилюна фойдаланиш, замонавий ресурстежамкор технологиялар ва техникаларни жорий этиш ҳисобига ялпи ички маҳсулот ҳажмини икки баравар кўпайтириш кўзда тутилган [1]. Таъкидлаш керакки, аҳолини озиқ-овқат маҳсулотлари билан мақсадида мамлакатимизда ҳар йили 1 млн гектардан ортиқ суғориладиган майдонларда кузги дон экинлари ва тақорорий экинлар етиширилади. Ҳозирги кунда кузги буғдой ва тақорорий экинлардан юқори ҳосил олиш каби долзарб масалани ҳал этиш учун суғориладиган елардан унумли фойдаланиш, юқори ҳосил олишни таъминлайдиган замонавий ресурс тежайдиган технологиялар ва комбинациялашган агрегатларни жорий этишга эътибор қаратилмоқда. Янги шудгорланган ерларга экиш олдидан ишлов берадиган, бир ўтишда бир нечта технологик операцияларни бир вақтнинг ўзида бажарадиган комбинациялашган агрегат ишчи органларининг мақбул параметрларни асослаш ҳисобига технологик жараёнларни қўшиб бажарадиган агрегатларни даладан ўтишлар сонини камайтириш, ёнилғи сарфи ва бошқа харажатларни кескин камайтириш, иш унумини ошириш, тупроққа ишлов бериш сифатини яхшилаш ҳамда тупроқнинг намлиги йўқотилишининг олдини олиш, экинларни ўз вақтида экиб, бир текис ундириб олиш долзарб масалалардан бири ҳисобланади. Ушбу масалани ҳал этиш учун рақобатбардошликни таъминлайдиган ва меҳнат унумдорлигини 3–4 баравар оширадиган юқори техник-иқтисодий кўрсаткичларга эга техник воситаларнинг янги авлодини ишлаб чиқиш ва жорий этиш талаб этилади.

**Кўриб чиқилаётган муаммонинг ҳозирги ҳолатининг таҳлили ва манбаларга ҳаволалар.** Жаҳон миёсида эришилган илмий-техникавий ютуқлар ҳамда республикамизда бажаилган тадқиқотлар [2, 3, 4, 5] таҳлили шуни кўрсатадики, янги шудгорланган ерларни экишга тайёрлашда мавжуд бўлган камчиликлар даладан бир ўтишда тупроқни экишга тайёрлаш бўйича барча технологик жараёнлар (шудгорланган далани тўлиқ зичлаш, даланинг юза қисмини текислаш ва майдалаш)ни қўшиб бажарадиган, яъни экиш олдидан бир ўтишда ҳар томонлама тўлиқ ишлов беришни таъминлайдиган энергия ва ресурстежамкор техника воситаларини ишлаб чиқиш йўли билан бартараф этилиши мумкинлигини тасдиқлайди.

Республикада универсал ва комбинациялашган агрегатларни ишлаб чиқариш ва улардан фойдаланиш зарурати юзага кепди. Ушбу муаммо айниқса бугунги кунда долзарб бўлганлиги сабабли, ҳозирги иқтисодий вазият ўзаро бир биридан мустасно бўлган яъни: бир томондан экинлардан барқарор ҳосил олиш; иккинчидан энергия манбаларини тежаш; учинчидан тупроқ унумдорлигини

сақлаш; тўртинчи томондан тупроқни зичлигини оширадиган антропоген таъсирнинг олдини олиш каби вазифаларни бажариши талаб қилади. Ушбу ёндашув экинларни етиширища технологик жараёнларни бажариш учун зарур бўлган машиналар сонини 4–5 баравар, агрегатларнинг умумий метал сифимини 2–3 марта, капитал қўйилмаларни 1,5–2 марта камайтиради [6, 7, 8, 9]. Кўп функцияли, универсал ва комбинациялашган агрегатлардан фойдаланганда, бир ўтишда бир нечта технологик операцияларни бир вақтнинг ўзида бажаришда ишлатиладиган тракторларнинг кувватидан фойдаланиш дарајаси мақбул бўлиши мумкин. Ушбу агрегатлардан фойдаланиш туфайли битта ўтиш жойида бир нечта технологик операцияларни бажариш учун талаб қилинадиган энергия сарфи камаяди [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16]. Янги шудгорланган ерларга экиш олдидан ишлов беришда бундай машинани қўллаш технологик жараёнларни қўшиб олиб бориш ва агрегатларнинг даладан ўтишлар сонини камайтириш ҳисобига ёнилғи сарфи ва бошқа харажатларни кескин камайтириш билан бирга иш унумини ошириш, тупроққа ишлов бериш сифатини яхшилаш ҳамда тупроқнинг намлиги йўқотилишининг олдини олиш, экинларни ўз вақтида экиб, бир текис ундириб олиш имконини беради.

Мамлакатимизда тақорорий экинлардан бўшаган майдонларга экиладиган кузги буғдой ҳамда ундан бўшаган майдонларга тақорорий экин сифатида экиладиган сабзавот ва картошка каби экинлар янги, яъни бевосита экишдан олдин шудгорланган майдонларга экилмоқда. Бунда шудгорланган ерлар изма-из экишга тайёрланиб кейин экиш тадбирлари ўтказилмоқда.

Юқоридаги маълумотларга асосланган ҳолда Қишлоқ хўжалигини механизациялаш илмий-тадқиқот институтида янги шудгорланган ерларни экишга тайёрлаш учун яхлит рамага ўрнатилган диски фалтакмолалар, текислагич ва планкали фалтакмоладан ташкил топган комбинациялашган машина ишлаб чиқилган (1-расм) [17, 18, 19].



1-расм. Янги шудгорланган ерларни экишга тайёрловчи комбинациялашган машина

Ушбу тадқиқот ишларини давом эттириш, яъни янги шудгорланган ерларни экишга тайёрлашда уларга далаан бир ўтишда тўлиқ ишлов берадиган комбинациялашган машина дискли ғалтакмолаларининг агротехника талаблари даражасида иш сифатини кам энергия сарфлаган ҳолда тъминлайдиган параметрларини асослаш мақсадида тадқиқот ишлар олиб борилди. Назарий тадқиқотлар асосида ўрнатилган параметрлар бўйича янги шудгорланган ерларни экишга тайёрлашда қўлланиладиган комбинациялашган агрегатнинг янги конструкция даги ғалтак молалари ишлаб чиқилди, уларнинг тажриба нусхалари тайёрланди ва дала синовлари ўтказилди.

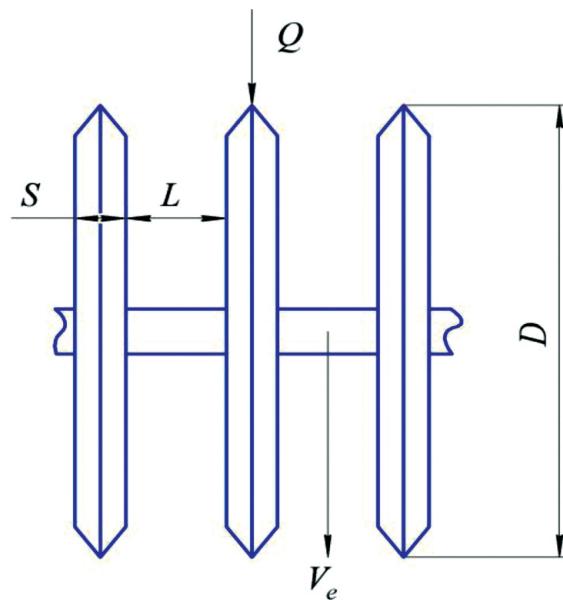
**Масаланинг кўйилиши.** Бугунги кунда дунё бўйича 886,9 млн. гектар майдонларда тупроқка ишлов берилади ва қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари етиштирилади. Унинг 43,8 фоиз қисмida янги русурстежамкор, минимал ва ноль технологиялар ҳамда уларни амалга оширадиган техника воситалари жорий этилган. Ушбу замонавий технологиялар 118 млн. гектар майдонларда тупроқнинг унумдорлигини саклаш билан бир вақтда етиштирилаётган маҳсулот таннархини ўртача 25 фоизга камайтириш имконини беради [20, 21]. Мамлакатимизда эртапишар экинлардан, жумладан, буғдойдан бўшаган майдонларга сабзавот ва картошка каби такорий экинлар янги, яъни бевосита экиш олдидан шудгорланган майдонларга экилади. Бунда шудгорланган ерлар изма-из экишга тайёрланиб кейин экиш амалга оширилади. Такорий экинлар уруғларини сифатли экиш ва ундириб олиш учун шудгорланган тупроқ юзаси уваланиш даражаси ва текислиги бўйича экиш фонига кўйиладиган талабларга мос келиши керак. Ҳозирги кунда янги шугорланган ерларни экишга тайёрлашда тишли ва дискли тирмалар, турли мола-текислагичлар билан бир жойдан кўп марталаб ўтилмоқда. Бу тадбирлар тупроқнинг физик-механик хоссаларини ёмонлаштириб, намлигининг йўқотилишига, пировард натижада ёнилғи сарфи ва бошқа харажатларни ортишига олиб келмоқда.

**Ечиш усули.** Янги конструкциядаги ишлаб чиқилган ғалтак молаларнинг дала синовларини ўтказишида экспериментларни математик режалаштириш, тензометрия усуллари қўлланилди ҳамда мавжуд меъёрий ҳужжатлардан (TSt 63.04.2001, TSt 63.03:2001, РД Уз 63.03-98) фойдаланилди.

**Натижалар таҳлили ва мисоллар.** Фаол (актив) экспериментни ўрнатиш ва ўтказиш учун қатор мажбурий босқичлар амалга оширилди, яъни: обьект танлаб олинди, экспериментал тадқиқот мақсади шакллантирилди; параметрларни оптимизациялаш (мақбуллаш) мезонлари белгиланди; омилларнинг макони аниқланди, уларнинг ўзгариш даражаси ва оралиғи ўрнатилди, экспериментал тадқиқотлар ўтказиш шароити танланди; априор маълумотлар таҳлил қилинди ва эксперимент режаси танланди; тажрибалар ўтказилди; экспериментал тадқиқот натижаларига ишлов берилди ва математик моделлар қурилди; натижаларни таҳлил қилиш ва моделни қуришдан кейин қарор қабул қилинди.

Тадқиқот обьекти сифатида ишлаб чиқилган комбинациялашган машинанинг понасимон ишчи юзали яssi дисклардан ташкил топган ғалтакмола танлаб олинди, ғалтакмола параметрларининг мақбул қўйматларини аниқлаш учун бошқариладиган, бир-бирига боғлиқ бўлмаган омиллар танланди (2-расм).

Мақбул параметрларнинг баҳолаш мезонлари аниқланди: ( $Y_1$ ) - ишлов берилган 0–10 см қатламдаги



2-расм. Яssi дискли ғалтакмоланинг схемаси

тупроқнинг уваланиш даражаси (ўлчами 50 мм. дан кичик фракциялар миқдори), %; ( $Y_2$ ) - 10–20 см қатламдаги тупроқнинг зичлиги, г/см<sup>3</sup>; ( $Y_3$ ) - 20–30 см қатламдаги тупроқнинг зичлиги, г/см<sup>3</sup>; ( $Y_4$ ) - ғалтакмоланинг тортишга солиштирма қаршилиги, кН/м.

Омиллар технологик жараёнга, яъни баҳолаш мезонларига таъсирир даражаси бўйича белгиланиб, уларнинг ўзгариш ораликлари ва сатҳлари аниқланди (1-жадвал).

Баҳолаш мезонларига омилларнинг таъсирини биринчи даражали полином тўлиқ ёритиб бериси мумкин деган ишчи фаразга асосланиб тажрибалар Хартли-5 режаси бўйича ўтказилди [22, 23]. Баҳолаш мезонларига назорат қилинмайдиган омилларнинг таъсирини камайтириш мақсадида тажрибаларни ўтказиш кетма-кетлиги тасодифий сонлар жадвалидан фойдаланиб ўрнатилди [22]. Тажрибаларда олинган маълумотларга «Регрессион таҳлиллар» дастури бўйича ишлов берилиб, дисперсиянинг бир хиллигини баҳолашда Кохрен, регрессия коэффициентларининг қўйматини баҳолашда Стыюдент, регрессион моделларнинг адекватлигини баҳолашда Фишер мезонларидан фойдаланилди.

Тажриба натижаларига белгиланган тартибда ишлов берилиб, баҳолаш мезонларини адекват ифодаловчи қўйидаги регрессия тенгламалар олинди:

0–10 см қатламдаги тупроқнинг уваланиш даражаси бўйича (%)

$$\begin{aligned} Y_1 = & 81,060 + 4,024X_1 + 1,793X_2 - 2,646X_3 + 4,200X_4 + \\ & + 3,385X_5 - 1,114X_1X_2 - 0,483X_1X_2X_3 + 0,729X_1X_3 - \\ & - 0,850X_1X_4 + 0,696X_1X_5 + 1,170X_2X_3 - \\ & 0,854X_2X_3 - 0,475X_2X_4 + 1,120X_3X_4 - 0,571X_3X_5 + \\ & + 0,767X_3X_5 + 0,403X_4X_5 + 0,687X_4X_5 - 0,564X_5X_5; \end{aligned} \quad (1)$$

10–20 см қатламдаги тупроқнинг зичлиги бўйича (г/см<sup>3</sup>)

$$\begin{aligned} Y_2 = & 1,129 - 0,026X_1 + 0,015X_2 - 0,037X_3 + 0,073X_4 - \\ & 0,076X_5 + 0,006X_1X_2 - 0,002X_1X_2X_3 + 0,001X_1X_3 + \\ & + 0,002X_1X_4 - 0,004X_2X_3 - 0,004X_2X_5 + 0,005X_3X_3 + \\ & + 0,009X_3X_4 + 0,006X_3X_5 - 0,004X_4X_4 + \\ & + 0,006X_4X_5 - 0,005X_3X_5; \end{aligned} \quad (2)$$

20–30 см қатламдаги тупроқнинг зичлиги бўйича (г/см<sup>3</sup>)

**Омиллар, уларнинг белгиланиши, ўзгариши (вариацияланиш) оралиқлари ва сатҳлари**

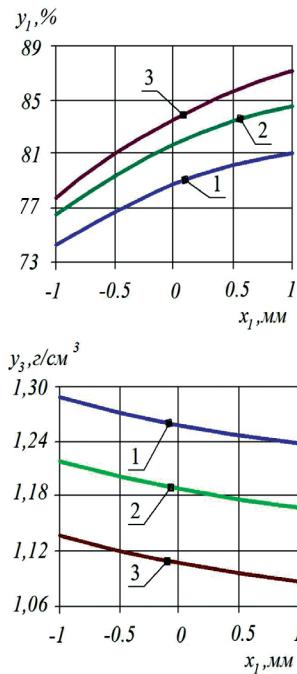
Т.р.	Омилларнинг номланиши	Үлчов бирлиги	Омилларнинг белгиланиши	Омилларнинг вариация оралиғи	Омилларнинг сатҳлари		
					қүйи (-1)	асосий (0)	юқори (+1)
1	Ғалтакмола дискларининг диаметри	мм	X <sub>1</sub>	50	400	450	500
2	Ғалтакмола дискларининг қалинлиги	мм	X <sub>2</sub>	2,5	20,0	22,5	25,0
3	Ғалтакмола дисклари излари ораларининг кенглиги	мм	X <sub>3</sub>	50	50	100	150
4	Ғалтакмоланинг ҳар бир дискига бериладиган тик юкланиш	Н	X <sub>4</sub>	100	500	600	700
5	Агрегатнинг ҳаракат тезлиги	км/соат	X <sub>5</sub>	1,5	6	7,5	9

$$\begin{aligned} Y_3 = & 1,149 - 0,025X_1 + 0,015X_2 - 0,035X_3 + 0,075X_4 - \\ & 0,075X_5 + 0,005X_1X_2 + 0,002X_1X_4 - \\ & - 0,005X_2X_3 + 0,005X_3X_5 - 0,005X_4X_5 - 0,005X_5X_3; \end{aligned} \quad (3)$$

Ғалтакмоланинг тортишга солиштирма қаршилиги бүйича (кН/м)

$$\begin{aligned} Y_4 = & 1,099 - 0,035X_1 + 0,035X_2 - 0,045X_3 + 0,120X_4 + \\ & + 0,160X_5 + 0,005X_1X_2 + 0,001X_1X_3 + 0,002X_1X_5 - \\ & - 0,005X_2X_3 - 0,004X_3X_4 + 0,011X_2X_5 + \\ & + 0,015X_3X_4 + 0,008X_3X_5 + 0,015X_4X_5 - \\ & - 0,010X_4X_5 - 0,007X_4X_5 + 0,040X_5X_3; \end{aligned} \quad (4)$$

Олинган регрессия тенгламалари ва улар бүйича қу-



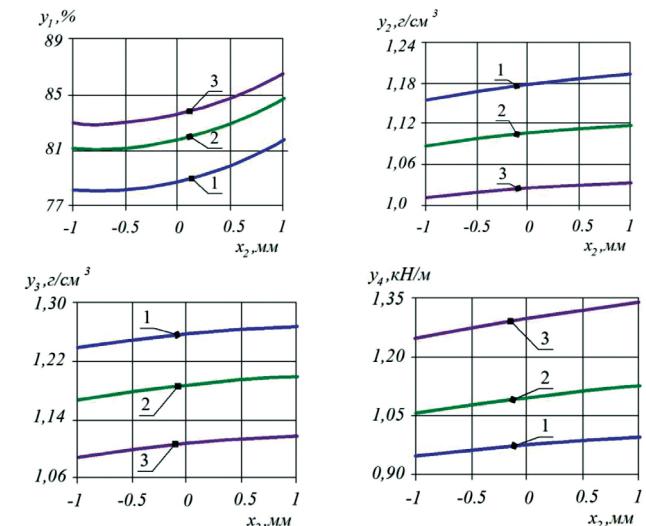
1,2 ва 3 мос равишда ҳаракат тезлиги 6,0; 7,5; ва 9 км/соат бўлганда

3-расм. Ғалтакмолаларнинг агротехник ва энергетик кўрсаткичларини дискларининг диаметрига боғлиқ равишда ўзгариши графиклари

рилган графиклар (3, 4, 5, 6-расмлар) барча омилларнинг баҳолаш мезонларига сезиларли таъсир этишини кўрсатди.

1-расмда келтирилган график боғланишлар ғалтакмола дисклари диаметрининг ортиши тупроқ уваланиш

даражасининг ортишига, тупроқнинг зичлиги ва ғалтакмолаларнинг солиштирма қаршилигининг камайишини кўрсатди. 4, 5, 6-расмларда келтирилган маълумотлар ғалтакмола дискларининг қалинлиги ва уларга бериладиган тик юкланишнинг ортиши барча баҳолаш мезонларининг ортиши -



1,2 ва 3 мос равишда ҳаракат тезлиги 6,0; 7,5; ва 9 км/соат бўлганда

4-расм. Ғалтакмолаларнинг агротехник ва энергетик кўрсаткичларини дискларининг қалинлигига боғлиқ равишда ўзгариши графиклари

пасайишига олиб келди.

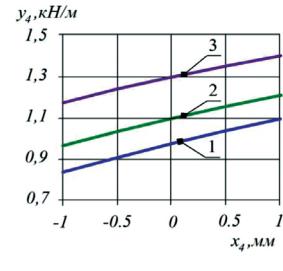
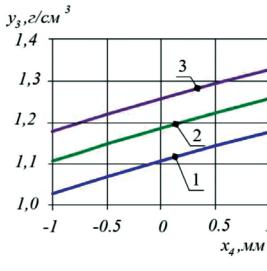
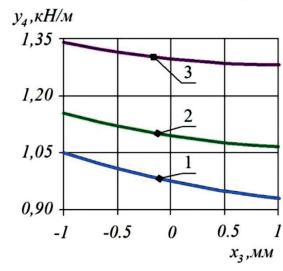
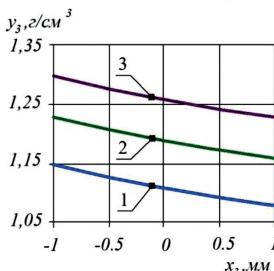
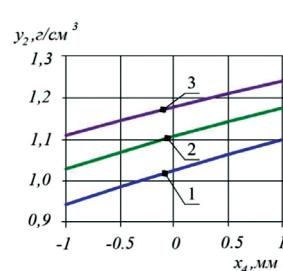
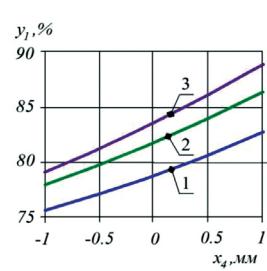
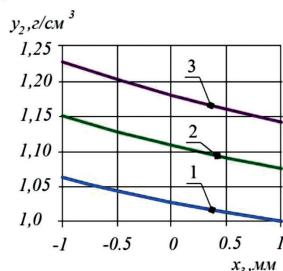
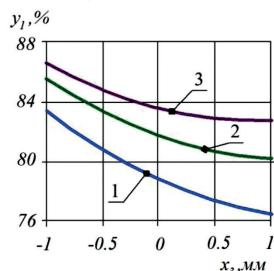
0–10 см қатламдаги тупроқнинг уваланиш даражаси фоиз бўйича регрессия тенгламаси  $Y_1(1)$  мезон 80 фоиздан катта, 10–20 см қатламдаги тупроқнинг зичлиги ( $\text{г}/\text{cm}^3$ ) бўйича регрессия тенгламаси  $Y_2(2)$  мезон 1,1–1,2  $\text{г}/\text{cm}^2$  ва 20–30 см қатламдаги тупроқнинг зичлиги ( $\text{г}/\text{cm}^3$ ) бўйича регрессия тенгламаси  $Y_3(3)$  1,2–1,3  $\text{г}/\text{cm}^2$  оралиқларда ҳамда ғалтакмоланинг тортишга солиштирма қаршилиги (кН/м) бўйича регрессия тенгламаси  $Y_4(4)$  мезон минимал қийматга эга бўлиш шартлари бўйича ечилиб, комбинациялашган агрегатнинг 6,0–8,0 км/соат иш ҳаракати тезлиги оралиғида ғалтакмола кўйидаги параметрларга эга бўлиши аниқланди (2-жадвал).

Кўп омилли экспериментал тадқиқот натижалари комбинациялашган агрегатнинг 6,0–8,0 км/соат иш ҳаракат тезлик режимида ғалтакмолалар янги шудгорланган тупроқ юзасига кам энергия сарфи билан экиш сифатини таъминлаши учун дискларнинг диаметри 415–490 мм,

## 2-жадвал

## Галтакмолалар параметрларининг мақбул қийматлари

Ve(X <sub>5</sub> )		D (X <sub>1</sub> )		S (X <sub>2</sub> )		L (X <sub>3</sub> )		Q (X <sub>4</sub> )	
Кодланган	Натурал, км/соат	Кодланган	Натурал, мм	Кодланган	Натурал, мм	Кодланган	Натурал, мм	Кодланган	Натурал, Н
-1	6,0	0,753	487,6	0,856	24,640	0,028	101,42	-0,508	549,19
0,334	8,0	-0,698	415,1	-0,274	21,814	-0,882	55,87	0,026	602,65



1,2 ва 3 мос равишида ҳаракат тезлиги 6,0; 7,5; ва 9 км/соат бўлгандан

5-расм. Галтакмолаларнинг агротехник ва энергетик кўрсаткичларини дисклар изларининг кенглигига боғлиқ равишида ўзгариши графиклари

қалинлиги 22–25 мм, излари орлигининг кенглигига 60–100 мм ва ҳар бир дискка бериладиган тик юкланиш 550–600 Н оралиқ қийматларда бўлишини кўрсатди. Бундай қийматларда тупроқнинг уваланиш даражаси энг ками билан 80,5–81,0 фоизни, 10–20 см ва 20–30 см қатламларданги тупроқнинг зичлиги мос равишида 1,13–1,15 г/см<sup>3</sup> ва 1,21–1,22 г/см<sup>3</sup> ни ва ғалтакмолаларнинг тортишга соилиштирма қаршилиги 0,90–1,22 кН/м. ни ташкил этади.

1,2 ва 3 мос равишида ҳаракат тезлиги 6,0; 7,5; ва 9 км/соат бўлгандан

6-расм. Галтакмолаларнинг агротехник ва энергетик кўрсаткичларини уларнинг ҳар бир дискига бериладиган тик юкланишга боғлиқ равишида ўзгариши графиклари

**Хуласа.** Янги ҳайдалган ерларни экишга тайёрлашда Ve=6.0-8.0 км/соат тезлик билан ҳаракатланадиган комбинациялашган агрегат таркибидағи ҳар бир ғалтакмола дискларига тўғри келадиган тик юкланишнинг Q=500-600 Н, дисклар диаметрининг D = 415–490 мм, қалинлигининг S = 22–25 мм, излари орлари кенглигининг L = 60–100 мм қийматларида тупроқнинг кам энергия сарфи билан экиш сифатини таъминлайди.

№	Адабиётлар	References
1	Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги 4947-сонли "Ўзбекистон Республикасини янада ривоҷлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида"ги қарори. "Ўзбекистон Республикаси конун хўжатлари тўплами", – Тошкент, 2017. – №6. – 70 б.	O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 febraldagi 4947-soni "O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlanтириш buyicha harakatlar strategiyasi to'g'risida"gi qarori [Resolution of the President of the Republic of Uzbekistan dated February 7, 2017 No 4947 "On the action strategy for further development of the Republic of Uzbekistan]. Collection of Legislation of the Republic of Uzbekistan, Tashkent. 2017. No.6. 70 p. (in Uzbek)
2	Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. – Москва: Агропромиздат, 1989. – 527 с.	Karpenko A.N., Khalanskiy V.M. Sel'skokhozyaystvennye mashiny [Agricultural machinery]. Moscow: Agropromizdat, 1989. 527 p. (in Russian)
3	Ахметов А.А., Мирсаидов А.Р. К вопросу создания комбинированной почвообрабатывающей машины // Проблемы внедрения инновационных идей, технологий и проектов в производство: Сборник научных трудов ИВ Республиканской научно-технической конференции. – Ташкент, 2012. – С. 71-72.	Akhmetov A.A., Mirsaidov A.R. K voprosu sozdaniya kombinirovannoy pochvoobrababa-tvayushchey mashiny [To the question of creating a combined tillage machine]. Problems of introducing innovative ideas, technologies and projects into production. Collection of scientific papers of the Republican Scientific and Technical Conference. Tashkent. 2012. Pp. 71-72. (in Russian)
4	Маматов Ф.М., Равшанов Ҳ.А. Тақрорий экинлар экиш учун тупроқни экишга тайёрладиган ресурстежамкор комбинациялашган машина// Агросаноат мажмуаси учун фан, таълим ва инновация, муаммолар ва истиқболлар. Халқаро илмий-амалий анжуман материаллари тўплами. – Тошкент, 2019. – Б. 251-254.	Mamatov F.M., Ravshanov H.A. Tuproqni ekish uchun tayyorlaydigan resurslarni tezhaydig'an kombinatsiyalangan mashina [Combined resource-saving machine that prepares the soil for planting]. Problems and prospects of science, education and innovation, agro-industrial complex. Proceedings of the international scientific-practical conference. Tashkent. 2019. Pp. 251-254. (in Uzbek)

5	Тўхтакўзиев А., Эргашев М.М. Комбинациялашган дискли борона // "Ўзбекистон қишлоқ хўжалиги" журнали. – Тошкент, 2017. – №8. – Б. 29-30.	Tukhtakuziyev A., Ergashev M.M. Kombinat-siyalashgan diskli borona. Agriculture of Uzbekistan. Tashkent. 2017. No.8. Pp. 29-30. (in Uzbek)
6	Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сизов О.А. Перспективные пути применения энерго- и экологически эффективных машинных технологий и технических средств // Ж.: Сельскохозяйственные машины и технологии. – Москва, 2013. – № 4. – С 8-11.	Izmaylov A.YU., Lobachevskiy YA.P., Sizov O.A. Perspektivnyye puti primeneniya energo- i ekologicheski effektivnykh mashinnykh tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv [Perspective ways of using energy- and environmentally efficient machine technologies and technical means]. Journal Agricultural machines and technologies. Moscow. 2013. No. 4. Pp 8-11. (in Russian)
7	Мазитов Н.К., Лобачевский Я.П., Шарафьев Л.З., Бикмухаметов З.М., Хисамиев Ф.Ф. Техника – основа инновационной технологии обработки почвы // Ж.: "Техника и оборудование для села". – Москва, 2014. – № 10. – С 12-15.	Mazitov N.K., Lobachevskiy YA.P., Sharafiyev L.Z., Bikmukhametov Z.M., Khisamiyev F.F. Tekhnika – osnova innovatsionnoy tekhnologii obrabotki pochvy [Technique - the basis of innovative soil cultivation technology]. Technique and equipment for the village. Moscow. 2014. No.10. Pp 12-15. (in Russian)
8	Лобачевский Я.П. Новые почвообра-батывающие технологии и техничес-кие средства // Механизация и элек-трификация сельского хозяйства. – 2000. – № 8. – С 30.	Lobachevskiy YA.P. Novyye pochvoobra-batyvayushchiye tekhnologii i tekhnicheskiye sredstva [New tillage technologies and technical means]. Mechanization and electrification of agriculture. 2000. No.8. 30 p.(in Russian).
9	Лобачевский Я.П. Современные почвообрабатывающие технологии. – Москва. 1999. – 39 с.	Lobachevskiy YA.P. Sovremennyye pochvo-obrabatuyayushchiye tekhnologii [Modern tillage technology]. Moscow. 1989. 39 p. (in Russian).
10	Manian, R., and Kathirvel, K. Development and evaluation of an active – passive tillage machine. AMA, Agri-cultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America (Farm Machinery Industrial Research Corporation) 32 (1): 9-18, 2001.	Manian, R., and Kathirvel, K. Development and evaluation of an active – passive tillage machine. AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America (Farm Machinery Industrial Research Corporation) 32 (1): 9-18, 2001.
11	Sahu R.K. and Raheman H. Draught of Agricultural implements using Reference Tillage Tools in Sandy Clay Loam Soil. Biosystems Engineering 94 (2), 275-284, 2006.	Sahu R.K. and Raheman H. Draught of Agricultural implements using Reference Tillage Tools in Sandy Clay Loam Soil. Biosystems Engineering 94 (2), 275-284, 2006.
12	Kumar, V.J.F. and Manian, R. Tractor drawn combination tillage tool. Agricultural Mechanization in Asia, Africa, and Latin America 17 (1): 31-36, 1986.	Kumar, V.J.F. and Manian, R. Tractor drawn combination tillage tool. Agricultural Mechanization in Asia, Africa, and Latin America 17 (1): 31-36, 1986.
13	Gill, W.R. and Vandenberg, G. E. Soil Dynamics in Tillage and Traction. Agriculture Handbook No. 316. USDA-Agricultural Research Service, Washington. D.C., 1968.	Gill, W.R. and Vandenberg, G. E. Soil Dynamics in Tillage and Traction. Agriculture Handbook No. 316. USDA-Agricultural Research Service, Washington. D.C., 1968.
14	Reicosky, D. C. and Allmaras, R. R. Advances in tillage research in North American cropping systems. J. Crop Prod. 8:75-125, 2003.	Reicosky, D. C. and Allmaras, R. R. Advances in tillage research in North American cropping systems. J. Crop Prod. 8:75-125, 2003.
15	Onwualu, A.P. and Watts, K.C. Draft and vertical forces obtained from dynamics soil cutting by plane tillage tools. Soil and Tillage Research, 48, 239–253, 1998.	Onwualu, A.P. and Watts, K.C. Draft and vertical forces obtained from dynamics soil cutting by plane tillage tools. Soil and Tillage Research, 48, 239–253, 1998.
16	Mehuys, G.R., Stolzy, L.X., Letey, J. and Weeks, L.V. Effect of stones on the hydraulic conductivity of relatively dry desert soils. Soil Sci. Sot. Amer. Proc 3937-42, 1975.	Mehuys, G.R., Stolzy, L.X., Letey, J. and Weeks, L.V. Effect of stones on the hydraulic conductivity of relatively dry desert soils. Soil Sci. Sot. Amer. Proc 3937-42, 1975.
17	Тўхтакўзиев А., Эргашев М.М. Комбинированная дисковая борона // Научно обоснованные системы сухого земледелия в современных условиях. Материалы международной научно-практической конференции. – Волгоград, 2016. – С.343-345.	Tukhtakuziyev A., Ergashev M.M. Kombinirovannaya diskovaya borona [Combined disk harrow] Scientifically grounded dry farming systems in modern conditions. Materials of the international scientific-practical conference. Volgograd. 2016. Pp 343-345. (in Russian)
18	Имомқулов Қ.Б., Мұқимова Д.К. Шудгорланган ерларни қишига тайёрлашда күлланилдиган машина понасимон дискининг параметрларини асослаш // Фарғона политехника институтининг илмий-техник журнали. – 2018. – Том. 22, №1. – Б. 148-150.	Imomqulov Q.B., Muqimova D.K. Sudgorlangan erlarni ekishga tayyorlashda kulla niladigan mashina ponasimon diskining parametrlerini asoslash [Substantiate the parameters of the machine ponasimon disk used in the preparation of arable land for planting]. Scientific and technical journal of Fergana Polytechnic Institute. 2018. Volume 22. Pp 148-150. (in Uzbek)
19	Худойбердиев Т.С., Худоёров А.Н., Рассақов Б., Юлдашева М. Интенсив бодгорчиликда кўччатлар қатор ораларига баҳорги ишлов берувчи комбинациялашган универсал агрегатни технологик иш жарабёни // "Irrigatsiya va melioratsiya" журнали. – Тошкент, 2017. – №2(8). – Б. 50-53.	Xudoyberdiev T.S., Xudoyorov A.N., Razzaqov B., Yuldasheva M. Intensiv bogdorchilikda kuchatlar katorlari orasida bakhorgi ishlov berishning universal kombinatsiyasining tekhnologik ish zharayoni [Technological work process of a universal combination of spring tillage between rows of seedlings in intensive horticulture]. Journal Irrigatsiya va melioratsiya. Tashkent, 2017. No.2(8). Pp. 50-53. (in Uzbek).
20	htths://www. Zerno-ua com/journals, 2010. 21 р.	htths://www. Zerno-ua com/journals, 2010. 21p.
21	Ер энергия биохилмакиллик. Ахборот бюллетени № 6. 2015. 3 б.	Er energiya biokhilmakhillik [Earth energy biodiversity]. Newsletter No.6. 2015. 3 p. (in Uzbek)
22	Мельников С.В., Алёшкин В.Я., Рошин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. – Ленинград: Колос, 1980. – 166 с.	Mel'nikov S.V., Aleshkin V.YA., Roshchin P.M. Planirovaniye eksperimenta v issledovaniyah sel'skohozaystvennykh protsessov [Planning an experiment in agricultural research]. Leningrad. Kolos, 1980. 166 p. (in Russian)
23	Аугамбаев М., Иванов А.З., Терехов Ю.И. Основы планирования научно-исследовательского эксперимента. – Ташкент. Уқитувчи, 1993. – 336 с.	Augambayev M., Ivanov A.Z., Terekhov YU.I. Osnovy planirovaniya nauchno-issledovatel's-kogo eksperimenta [Fundamentals of planning a research experiment]. Tashkent. Ukituvchi, 1993. 336 p. (in Uzbek).

УДК: 537.2:697.946

## СТАБИЛИЗАЦИЯ РАЗРЯДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ

**Ш.М. Музафаров - д.т.н., профессор, Б.Н. Эркинов - PhD, старший преподаватель,**

**А.И. Пардаев - ассистент, В.Е. Балицкий - докторант**

**Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства**

**Б.К. Тагаев - младший научный сотрудник, Научно-технический центр АО «Узбекэнерго»**

### Аннотация

В статье приводятся сведения о достижениях в области электрогазоочистки загрязненного воздуха. Приводится критический анализ принципа работы разработанных и эксплуатируемых в настоящее время электрофильтров. Проанализирована возможность повышения эффективности электрогазоочистки загрязненного воздуха с использованием униполярных импульсов напряжения. Теоретический анализ процессов в разрядном промежутке проведен с использованием существующей теории электрических разрядов в газах. На основании анализа этих данных установлен механизм разряда в резко неоднородном электрическом поле при импульсном напряжении. Установлено, что при использовании импульсов напряжения с перенапряжением и в условиях работы электрофильтров, имеет место стримерный механизм разряда или стримерная форма коронного разряда. Результаты проведенного математического моделирования подтверждены серией экспериментальных исследований. Разработка нового способа электрогазоочистки обусловлена недостатками коронного разряда постоянного напряжения. С повышением емкости разрядного промежутка увеличивается время компенсации накопленных в нем зарядов. При емкости  $C_2=10^{-11} \Phi$  время полной компенсации зарядов составляет 0,006 с, а при  $C_2=10^{-12} \Phi$  - 0,001 с.

**Ключевые слова:** электрогазоочистка, коронный разряд, электрофильтр, электрический разряд, стабилизация, стримерная форма коронного разряда.

## ЭЛЕКТРОФИЛЬТРЛАР ЭЛЕКТР МАЙДОНЛАРИДА РАЗРЯД ЖАРАЁНЛАРИ СТАБИЛЛАШТИРИШ

**Ш.М. Музафаров - т.ф.д., профессор, Б.Н. Эркинов - PhD, катта ўқитувчи**

**А.И. Пардаев - ассистент, В.Е. Балицкий - докторант,**

**Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти**

**Б.К. Тагаев - кичик илмий ҳодим, «Ўзбекэнерго» АЖ илмий-техника маркази**

### Аннотация

Мақолада электр ёрдамида чангли ҳавони тозалаш соҳасида ютуқлар тўғрисида маълумотлар келтирилган. Ҳозирги кунда ишлаб чиқилган ва фойдаланилаётган электр фильтрларнинг ишлаш принципини таҳлили келтирилган. Бир кутбли импульсли кучланишдан фойдаланиб электр ёрдамида чангли ҳавони тозалаш самараорликларини ошириш имкониятлари таҳлил этилган. Разрядлар оралиғидаги жараёнларни назарий таҳлили газларда электр разрядларнинг мавжуд назариясидан фойдаланган ҳолда ўтказилган. Маълумотларни таҳлили асосида импульс кучланиш билан таъминланганда бир жинсли бўлмаган электр майдонда разряднинг механизми аниқланган. Электр фильтрларнинг ишлаш шароитида критик импульсли ўта кучланишлардан фойдаланишда разряднинг стример механизмига ёки стример шаклидаги тожли разрядга жой бўлиши аниқланган. Ўтказилган математик моделлаштириш натижалари бир неча экспериментал тадқиқотлар билан тасдиқланган. Электр газ тозалашни янги усулини ишлаб чиқиш доимий кучланишли тожли разряднинг етиш-маслигига боғлиқ. Разряд оралиғини сифими оширилганда тўплланган зарядларни қоплаш вақти ошади.  $C_2=10^{-11} \Phi$  сифим бўлганда зарядларни тўла қоплаш вақти 0,006 с ни,  $C_2=10^{-12} \Phi$  бўлганда эса 0,001 с ни ташкил этди.

**Таянч сўзлар:** электргазтозалаш, тожли разряд, электрофильтр, электр разряди, стабиллаштириш, стример шаклидаги тожли разряд.

## STABILIZATION OF DISCHARGE PROCESSES INVOLVED IN ELECTRICAL FIELDS OF ELECTROSTATIC PRECIPITATORS

**Sh.M. Muzaferov - DSc., professor, B.N. Erkinov - PhD, senior teacher, A.I. Pardaev - assistant**

**V.E. Baliskiy - PhD student, Tashkent irrigation and agricultural mechanization engineers**

**B.K. Tagaev - Junior Researcher Scientific and Technical Center of JSC "Uzbekenergo"**

### Abstract

The article provides information on achievements in the field of electrical gas cleaning. A critical analysis of the principle of operation of the electrostatic precipitators developed and currently in operation is carried out. The possibility of increasing the efficiency of electrical gas cleaning using unipolar voltage pulses is analyzed. A theoretical analysis of the processes in the discharge gap was carried out using the existing theory of electric discharges in gases. Based on the analysis of the data, the discharge mechanism is established in a sharply inhomogeneous electric field at a pulsed voltage. It is established that when using voltage pulses with overvoltage and in the conditions of operation of electrostatic precipitators, there is a streamer discharge mechanism or streamer form of corona discharge. The results of mathematical modeling are confirmed by a series of experimental studies. The development of a new method of gas purification is due to the disadvantages of a corona discharge of constant voltage. As a result, with an increase in the capacity of the discharge gap, the compensation time for the charges accumulated in it increases. If capacitance equals to  $C_2 = 10^{-11} F$ , the time for full compensation of charges is 0.006 s, and when  $C_2 = 10^{-12} F$ , the time consist of 0.001 s.

**Key words:** electricalgascleaning, corona discharge, electrostatic precipitator, electric discharge, stabilization, streamer form of corona discharge.



**Введение.** Всякое загрязнение вызывает у природы защитную реакцию, направленную на её нейтрализацию. Эта способность природы долгое время эксплуатировалась человеком бездумно и хищнически. Из века в век складывалась практика широкого использования способности атмосферы к самоочищению. Отходы производства выбрасывались в воздух в расчете на то, что все они в конечном итоге будут обезврежены и переработаны самой природой. При этом не возникало и мысли о наносимом ей ущербе. Казалось, что как не велика общая масса отходов, они незначительны по сравнению с защитными ресурсами. Однако при прогрессирующем росте загрязнений становится очевидным, что природные системы самоочищения рано или поздно не смогут выдержать такой натиска. В связи с этим большие объемы вредных выбросов в атмосферу вызывают целый ряд неблагоприятных глобальных и региональных явлений. Если еще в 19 веке и даже в первой половине 20 века уровень развития материального производства не требовал в качестве необходимого условия существования всего человечества учета отдаленных последствий социально-производственного вмешательства человечества в природу, то со второй половиной 20 века такой учет становится жизненно важной проблемой [1, 2, 3].

Для очистки отработанных в технологических процессах газов используются различные методы и устройства, из которых наиболее предпочтительным являются электрофильтры, отличительной способностью которых является высокая очистительная способность, большая производительность по очищаемому газу, улавливание аэрозольных частиц размерами менее 0,1 мкм с любыми физико-механическими свойствами, отсутствие аэродинамического сопротивления.

Увеличение эффективности газоочистки можно осуществить использованием импульсных напряжений большой скважности, используя закономерность повышения электрической прочности газов при уменьшении времени воздействия напряжения [4, 5].

Разработка нового способа электрогазоочистки обусловлена недостатками коронного разряда постоянного напряжения. Импульсы тока коронного разряда постоянного тока хаотично распределены во времени и представляют собой функцию дискретного, случайного процесса, реализация которого по амплитуде и частоте случайна [6, 7, 8]. Из изложенного следует, что стабилизация разрядных процессов в электрических полях коронного разряда позволит значительно повысить эффективность работы электрофильтров.

Научно-практический интерес представляет совмещение в одном технологическом промежутке при одном источнике питания самостоятельного и несамостоятельного разрядов. Этого можно добиться, например, используя униполярное импульсное напряжение большой скважности с постоянной составляющей ниже порога зажигания самостоятельного разряда. Импульсное напряжение в этом случае должно характеризоваться следующими параметрами:

- амплитуда импульса напряжения -  $U_a$ ;  $B$  - постоянная составляющая импульса напряжения -  $U_n$ ;  $B$  - действующее значение напряжения -  $U_d$ ;  $B$  - длительность импульса -  $\tau_u$ ;  $c$ ; - период повторения импульсов -  $T_u$ ;  $c$ ; - скважность импульса -  $K = T_u / \tau_u$ ; - частота импульсов -  $n$ ,  $-c^{-1}$  (рис.1).

При использовании постоянных напряжений для питания разрядных промежутков источники питания выбираются по величине напряжения и току. На процессы в элек-

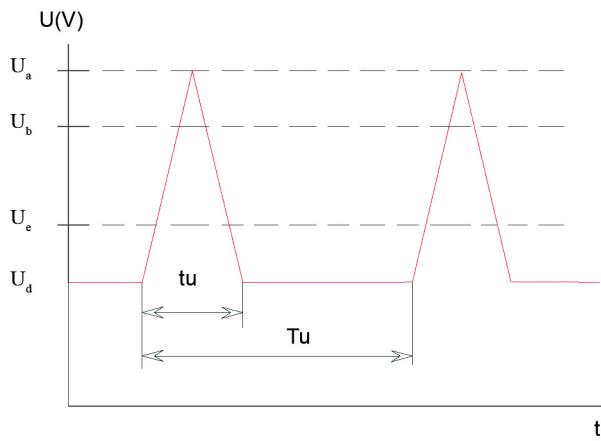


Рис.1. Основные параметры импульсного напряжения

трическом поле при питании импульсным напряжением будут влиять все перечисленные параметры. Исследование закономерностей связи параметров импульсного напряжения, включая внутреннее сопротивление источника питания и динамичность процессов при разряде с перенапряжением, затруднительно [9, 10, 11, 12].

Ввиду прикладного характера научной работы, целесообразно выбрать необходимый вид импульса напряжения и реальную схему их генерирования. В этом случае параметры и форма, скважность, длительность и фронт импульса будут характеризоваться схемой генерирования, которая должна удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечить стабильность частоты, формы и амплитуды импульсов напряжения;
- иметь минимальные габариты, простоту и надежность, при минимальной стоимости;
- устранять возможность перехода неполного пробоя воздуха в искровой и дуговой разряды;
- в схеме генерирования формы импульсов напряжения необходимо формировать на низковольтной стороне повышающего трансформатора;
- удовлетворять требованиям электрической и пожарной безопасности, производственной санитарии;
- не создавать радиопомех.

**Методы решения.** Теоретический анализ процессов в разрядном промежутке проведен с использованием существующей теории электрических разрядов в газах. Процессы в импульсных электрических полях исследованы в работах [9, 13, 14, 15]. В этих работах основные выводы основаны на наблюдениях процесса, экспериментальных исследованиях и их анализе. На основании анализа этих данных можно установить механизм разряда в резко неоднородном электрическом поле при импульсном напряжении. В первую очередь необходимо было установить механизм развития разряда в воздухе при импульсном перенапряжении.

При импульсном пробое газов между моментом приложения напряжения к промежутку и началом пробоя, которое фиксируется по резкому спаду напряжения, проходит некоторое время, называемое временем запаздывания  $t_z$ . Время запаздывания чаще всего измеряется от момента, когда напряжение достигло пробивного, до момента спада его до уровня  $0,9 U_a$ , где  $U_a$  - амплитуда импульса. Начало пробоя газа отождествляют с резким спадом напряжения. Тогда процессы нарастания проводимости в стадии запаздывания называют предпробойными явлениями. Такое разделение в значительной степени условно, поскольку

уровень тока, определяющий спад напряжения, зависит от сопротивления внешней электрической цепи.

Спад может происходить в различных фазах нарастания проводимости промежутка, т.е. в зависимости от сопротивления цепи он может быть вызван различными физическими процессами, обуславливающими рост концентрации заряженных частиц. Однако универсальность ситуации заключается в том, что до начала ионизационных явлений в зазоре необходимо иметь хотя бы один инициирующий электрон. Поэтому принято разбивать время  $t_s$  на две составляющие: статистическое время запаздывания  $t_c$ , в течении которого в промежутке появляется инициирующий электрон, и время формирования  $t_\phi$ , в течении которого за счет развития первичной электронной лавины и последующих стадий

Если считать время формирования  $t_\phi = const$ , то функция распределения времени запаздывания пробоя имеет вид

$$N/N_0 = \exp[-(t - t_\phi)/t_c] \quad (1)$$

где:  $N/N_0$  - доля от общего числа пробоев  $N_0$  со временем запаздывания  $t$  и более;  $t_c = e/qi$  - среднее статистическое время запаздывания;  $q$  - вероятность того, что появившийся в промежутке электрон приведет к пробою;  $i/e$  - частота появления электронов в зазоре;  $i$  - ток инициирующих электронов.

Условие, при котором первый же инициирующий электрон вызывает необратимое нарастание проводимости промежутка -  $q=1$ . Были выполнены вычисления для таунсендовского механизма пробоя [5]. Получена вероятность того, что лавина, созданная одним электроном, выплетевшим с катода, приведет к пробою:

$$\begin{aligned} q &= 1 - (1/\mu), & \mu > 1, \\ q &= 0, & \mu < 1, \end{aligned} \quad (2)$$

где:  $\mu = \gamma[\exp(\alpha/d) - 1]$ ; - параметр, показывающий во сколько раз увеличивается число начальных электронов в последующей лавине по сравнению с предыдущей;  $\gamma$  - коэффициент, характеризующий вторичные процессы на катоде;  $\alpha$  - коэффициент ударной ионизации;  $d$  - межэлектродный промежуток, см.

Параметр  $\mu$  сильно зависит от перенапряжения, поэтому уже при  $Kn \geq 10\%$  вероятность  $q$  приближается к единице. Условия измерений тем более облегчаются при более высоких  $Kn$ , когда имеет место стримерный механизм пробоя и пробой носит однолавинный характер.

Отсюда время формирования импульсного пробоя определяется интенсивностью процесса ионизации газа на стадии развития одиночных электронных лавин и на последующих стадиях. Поэтому одной из проблем является правильное описание процесса нарастания концентрации заряженных частиц в промежутке. Чаще всего для этого используют коэффициент ударной ионизации  $\alpha$ - число пар ионов, которое создает один электрон на единицу длины пути в направлении своего дрейфа вдоль электрического поля. Нарастание со временем числа носителей зарядов в лавине, созданного одним электроном подчиняется закону

$$N = \exp(\alpha v t),$$

где  $v$  - дрейфовая скорость электрона.

Коэффициент перенапряжения играет решающую роль при переходе от таунсендовского механизма к стримерному. На рис. 2 представлена кривая, разделяющая множество значений произведения давления газа на длину зазора и коэффициента  $K_n$  на две области. Если условия разряда соответствуют области, лежащей выше кривой, то имеет место стримерный механизм пробоя, а если ниже – таунсендовский. В пограничной области может наблюдаться как тот, так и другой вид пробоя [5, 6].

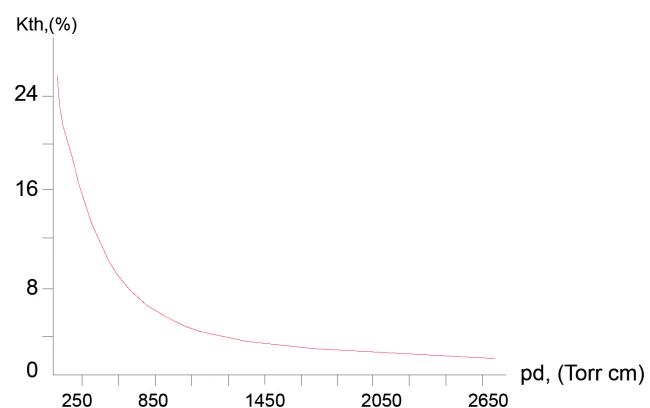
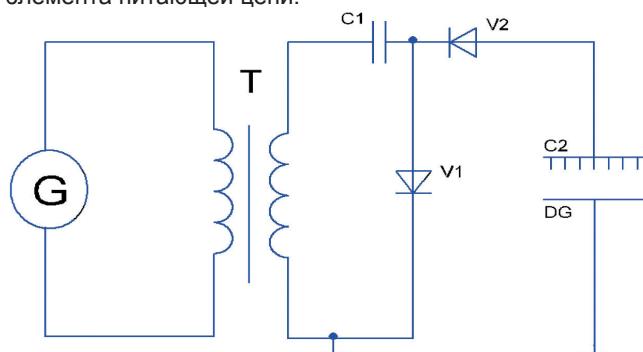


Рис. 2. Кривая разделяющая области развития разряда по таунсендовскому и стримерному механизмам

В технике применения коронного разряда используются зазоры от 0,05 до 0,15 м [1,2,3] при давлении близких к нормальному, что соответствует  $pd = 3800...8000$  Torr·см. Поэтому, уже при  $Kn > 4\%$  проявляется стримерный механизм пробоя. Как показали исследования характеристик импульсных напряжений коэффициент перенапряжения в зависимости от величины нагрузки составил 1,4...1,6. Амплитуда нарастания напряжения, в пределе частот импульсов, используемых в исследованиях (50...500 имп<sup>-1</sup>), равна 20...200 кВ/мкс, расстояние между электродами 0,05 и 0,1 м. На основании анализа следует заключение, что в исследуемых условиях разряды имеют стримерный механизм, или стримерную форму коронного разряда [4].

**Анализ результатов и примеры.** Генерирование униполлярных импульсов высокого напряжения формой приведенной на рис.3 можно осуществить по схеме приведенной на рис.4, где генерируемые генератором G периодические импульсы напряжения повышаются трансформатором T и выпрямляются выпрямителем, собранном по схеме умножения напряжения, без накопительного конденсатора на выходе схемы (C1, V1, V2).

К выходу схемы подключается технологический разрядный промежуток (РП) электрофильтра имеющий собственную емкость C2. Одно из преимуществ предлагаемого способа очистки газов с использованием стримерной формы коронного разряда над существующим способом очистки в электрических полях коронного разряда постоянного напряжения заключается в возможности рассматривания технологического разрядного промежутка как элемента питающей цепи.



G - генератор периодических импульсов напряжения; T - повышающий трансформатор; C1 - конденсатор; C2 - емкость разрядного промежутка РП; V1 и V2 - диоды.

Рис.3. Принципиальная схема генерирования униполлярными импульсами высокого напряжения

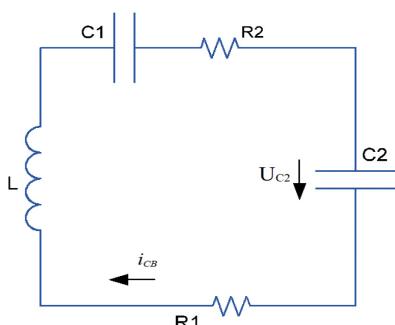
Проанализирован переходный процесс в электрической цепи источника высоковольтных импульсов напряжения в паузе между импульсами. По схеме замещения имеем замкнутый контур последовательно включенных формирующей емкости  $C_1$ , емкости разрядного промежутка  $C_2$ , активного  $R_1$  и индуктивного  $L$  сопротивлений вторичной обмотки повышающего трансформатора, прямого сопротивления диода  $R_2$  (рис.3).

Ввиду  $C_1 > C_2$ , примем допущение, что напряжение на конденсаторе  $C_1$   $U_{C1}$  равно амплитуде напряжения на выходе трансформатора  $U_a$  и остается постоянным в паузе между импульсами. Для определения закона изменения напряжения и тока разрядного промежутка в паузе между импульсами составим характеристическое уравнение цепи в комплексной форме:

$$Z = R_1 + R_2 + j\omega L + 1/(j\omega C_1) + 1/(j\omega C_2) \quad (3)$$

Заменим сомножитель  $j\omega$  на оператор  $p$  и полученное выражение  $Z(p)$  приравняем нулю:

$$\begin{aligned} Z(p) &= R_1 + R_2 + Pl + 1/(pC_1) + 1/(pC_2) = 0, \\ \text{или} \quad p^2(C_1C_2L) + pC_1C_2(R_1 + R_2) + C_1 + C_2 &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$



$L$  - индуктивность вторичной обмотки повышающего трансформатора;  $C_1$  - конденсатор;  $R_1$  - активное сопротивление вторичной обмотки трансформатора;  $R_2$  - прямое сопротивление диода;  $C_2$  - емкость разрядного промежутка;  $U_{C2}$  - напряжение разрядного промежутка;  $i_{cb}$  - ток в цепи в паузе между импульсами.

**Рис.4. Схема замещения источника импульсов высокого напряжения в паузе между импульсами**

Анализ кривых рис.4 указывает на одинаковый закон изменения  $U_{C2,ce}$  и  $i_{ce}$ . Характер переходного процесса зависит от параметров цепи  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $L$ ,  $C_1$  и  $C_2$ , т.е. от вида корней характеристического уравнения. При этом опреде-

ляющим является величина емкости разрядного промежутка  $C_2$ .

Наиболее предпочтительными для очистки отработанных в технологических процессах газов от твердых и жидких аэрозольных частиц являются электрофильтры. Однако значительные массогабаритные показатели и потребляемая мощность являются основной причиной ограничивающих их широкое использование. Для дальнейшего расширения областей использования электрофильтров необходимо существенное повышение эффективности процессов электрогазоочистки. Используемые в электрофильтрах электрические поля коронного разряда постоянного напряжения доведены до предела своих возможностей и обладают рядом существенных недостатков: колебание в широких пределах амплитуды и частоты разрядного тока; запирание разряда; обратная корона; переход в искровую или дуговую формы [22].

**Выводы.** С увеличением емкости разрядного промежутка увеличивается время компенсации накопленных в нем зарядов. Так, при емкости  $C_2 = 10^{-11} \Phi$  время полной компенсации зарядов составляет  $0,006 \text{ с}$ , а при  $C_2 = 10^{-12} \Phi$  -  $0,001 \text{ с}$ . Отсюда максимальная частота следования импульсов составляет соответственно  $166 \text{ имп}^{-1}$  и  $1000 \text{ имп}^{-1}$ . Результаты проведенного математического моделирования подтверждены серией экспериментальных исследований. В этих исследованиях частота импульсного напряжения изменялась в пределах  $100\text{-}250 \text{ с}^{-1}$ . Стабильность разрядного тока по амплитуде наблюдалась до частоты  $200 \text{ с}^{-1}$ . После этого напряжение и ток разрядного процесса приобретают случайный характер. Стабилизировать разрядные процессы в технологических разрядных промежутках можно при совмещении действия самостоятельного и несамостоятельного разрядов. Самостоятельный разряд в виде стримерной формы коронного разряда образуется в разрядном промежутке при воздействии импульса напряжения с перенапряжением, а несамостоятельный под действием постоянной составляющей импульсного напряжения, величина которого ниже порога зажигания самостоятельного разряда. Частота импульсного напряжения, при которой обеспечивается стабильность разрядного тока, определяется временем полной компенсации объемных зарядов, образовавшихся под действием импульса напряжения, параметрами элементов схемы питания и емкостью разрядного промежутка.

№	Литература	References
1	Дымовые электрофильтры. В.И.Левитов, И.К.Решидов, В.М.Ткаченко. Под общ. ред. В.И.Левитова. – Москва. 1980. – 448 с	Dimovye elektrofiltry. V.I.Levitov, I.K.Reshidov, V.M.Tkachenko. Pod obsh. red. V.I.Levitova. [Smoke electrostatic precipitators]. Edited by V.I.Levitov. Moscow, 1980. 448 p. (in Russian)
2	Алиев Г. М.-А. Агрегаты питания электрофильтров. – Москва: Энергоиздат, 1981. – 136 с.	Aliev G. M-A. Agregati pitaniya elektrofiltrrov [Power units for electrostatic precipitators]. Moscow, Energoizdat. 1981. 136 p. (in Russian)
3	Техника пылеулавливания и очистка промышленных газов.: Справ. изд. Алиев Г.М-А.: – Москва: Металлургия, 1986. – 544 с.	Tekhnika pileulavlivaniya i ochistka promishlennikh gazov. [Dust collection technology and industrial gas cleaning]. Moscow. 1986. 544 p. (in Russian)
4	Техника высоких напряжений. Под общ. ред. М.В.Костенко. – Москва, 1973. – 528 с.	Tekhnika visokikh napryazheniy [High voltage technics]. Edited by M.V. Kostenko. Moscow. 1973. 528 p. (in Russian)
5	Королев Ю.Д., Месяц Г.А. Физика импульсного пробоя газов. – Москва: Наука, 1991. – 224 с.	Korolev Yu.D., Mesyats G.A. Fizika impulsnogo proboya gazov. Moscow. 1991. 224 p. (in Russian)
6	Elhalm P., Lund C., and Cristensen K\ Pulse Energisation SolvinrSinter Strand ESR Problems, ISESER V1 Sity 1998. Pp. 396-402.	Elhalm P., Lund C., and Cristensen K\ Pulse Energisation SolvinrSinter Strand ESR Problems, ISESER V1, 1998. Pp. 396-402. Sity
7	Yamamura N., and Tanaka O., Operatinr Experiense of a Pulse ESR at a Modern 500 MW Coal Fired Pover Plant in Japan, ICESP V1, 1998. Pp. 197-202.	Yamamura N., and Tanaka O., Operatinr Experiense of a Pulse ESR at a Modern 500 MW Coal Fired Pover Plant in Japan, ICESP V1, 1998. Pp. 197-202.

8	Сокольский В.Н. Искрозащита технологических разрядных промежутков. – Москва: Энергия, 1980. – 180 с.	Sokolskiy V.N. <i>Iskrozashita tekhnologicheskikh razryadnikh promezhutkov</i> [Spark protection of technological discharge gaps]. Moscow. 1980. 180 p. (in Russian)
9	Эркинов Б.Н. Расчет параметров машинного генератора для системы электрофильтров хлопкоочистительных заводов // Журнал энерго и ресурсосбережение. – Ташкент, 2009. – №3-4. – С. 93-95.	Erkinov B.N. <i>Raschet parametrov mashinnogo generatora dlya sistemi elektrofiltrrov khlopkoochistitel'nikh zavodov</i> [Calculation of the parameters of a machine generator for the electrostatic precipitator system of ginneries]. No 3,4., Journal of Energy and Resource Saving. Tashkent 2009. Pp. 93-95. (in Russian)
10	W. He, Y.-B. Zhao, F. Jiang, Y. Guo, H. Gao, J. Liu, J. Wang, Filtration performance and charge degradation during particle loading and reusability of charged PTFE needle felt filters, Separation and Purification Technology. 2020. Pp. 233-238.	W. He, Y.-B. Zhao, F. Jiang, Y. Guo, H. Gao, J. Liu, J. Wang, Filtration performance and charge degradation during particle loading and reusability of charged PTFE needle felt filters, Separation and Purification Technology. 2020. Pp. 233-238.
11	A.S. Tatevosyan, A.A. Tatevosyan, N.V. Zaharova, A.A. Lukacheva, Synthesis of the Replacement Scheme of the Electric Impulse Device Cleaning the Coal Dust from the Surface of the Electrostatic Filters, in: 2018 14th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering, APEIE 2018 - Proceedings, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. Pp. 453–456.	A.S. Tatevosyan, A.A. Tatevosyan, N.V. Zaharova, A.A. Lukacheva, Synthesis of the Replacement Scheme of the Electric Impulse Device Cleaning the Coal Dust from the Surface of the Electrostatic Filters, in: 2018 14th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering, APEIE 2018 - Proceedings, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. Pp. 453–456.
12	Патент РУз № IAP 04426. Способ и устройство для очистки газов от твердых и жидкых аэрозольных частиц // Музрафаров Ш.М., Эркинов Б.Н., Балицкий В.Е. от 10.06.11.	Patent UZ № IAP 04426. <i>Sposob i ustroystvo dlya ochistki gazov ot tverdikh i zhidkikh aerozol'nikh chastei</i> [Method and device for gas purification from solid and liquid aerosol particles]. Muzaferov Sh.M., Erkinov B.N., Balitskiy V.E. from 10.06.11 (in Russian)
13	D.N. Meivita, M. Rivai, A.N. Irfansyah, Development of an electrostatic air filtration system using fuzzy logic control, International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology. 8 (2018) Pp. 1284–1289.	D.N. Meivita, M. Rivai, A.N. Irfansyah, Development of an electrostatic air filtration system using fuzzy logic control, International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology. 8 (2018) Pp. 1284–1289.
14	Ashmarin G.V., Lelevkin V.M., Niyazaliev I.A., Tokarev A.V. The estimation of steel rope quality by a corona discharge. // 5-International Conference Plasma Physics and Plasma Technologies, Minsk, Belarus, 16-22 September, 2006, Vol.2, Pp. 808-811.	Ashmarin G.V., Lelevkin V.M., Niyazaliev I.A., Tokarev A.V. The estimation of steel rope quality by a corona discharge. // 5-International Conference Plasma Physics and Plasma Technologies, Minsk, Belarus, 16-22 September, 2006, Vol.2, Pp. 808-811.
15	J.R. Malcher, Filtration resistance of electrically charged dust., FILTR. & SEP. 26 p. (2017).	J.R. Malcher, Filtration resistance of electrically charged dust., FILTR. & SEP. 26 p. (2017).
16	F. Lemont, M. Marchand, A. Russello, T. Reess, A.S. De Ferron, S. Souakri, 15 years of research and development on electrofiltration for gas cleaning, in: IT3/HWC 2018 - 36th International Conference on Thermal Treatment Technologies and Hazardous Waste Combustors, Air and Waste Management Association, 2018	F. Lemont, M. Marchand, A. Russello, T. Reess, A.S. De Ferron, S. Souakri, 15 years of research and development on electrofiltration for gas cleaning, in: IT3/HWC 2018 - 36th International Conference on Thermal Treatment Technologies and Hazardous Waste Combustors, Air and Waste Management Association, 2018
17	O. Hyun, M. Baek, J. Moon, Y. Ahn, Performance evaluation of two-stage electrostatic air filter with low-ozone emission corona charger, Particulate Science and Technology. 35 (2017) Pp. 71–76.	O. Hyun, M. Baek, J. Moon, Y. Ahn, Performance evaluation of two-stage electrostatic air filter with low-ozone emission corona charger, Particulate Science and Technology. 35 (2017) Pp. 71–76.
18	K. Shimizu, Y. Kurokawa, M. Blajan, Basic Study of Indoor Air Quality Improvement by Atmospheric Plasma, IEEE Transactions on Industry Applications. 52 (2016) Pp. 1823–1830.	K. Shimizu, Y. Kurokawa, M. Blajan, Basic Study of Indoor Air Quality Improvement by Atmospheric Plasma, IEEE Transactions on Industry Applications. 52 (2016) Pp. 1823–1830.
19	B.S. Fedorov, V.A. Guzaev, A.A. Troitskii, E.A. Karulin, Study of dust detachment from electric filter electrodes, Chemical and Petroleum Engineering. 48 (2013) Pp. 684–687.	B.S. Fedorov, V.A. Guzaev, A.A. Troitskii, E.A. Karulin, Study of dust detachment from electric filter electrodes, Chemical and Petroleum Engineering. 48 (2013) Pp. 684–687.
20	Z. Feng, Z. Long, J. Mo, Experimental and theoretical study of a novel electrostatic enhanced air filter (EEAF) for fine particles, Journal of Aerosol Science. 102 (2016) Pp. 41–54.	Z. Feng, Z. Long, J. Mo, Experimental and theoretical study of a novel electrostatic enhanced air filter (EEAF) for fine particles, Journal of Aerosol Science. 102 (2016) Pp. 41–54.
21	Мухаммадиев А., Пардаев А.И. Фүзага биринчи ҳосилни теришдан олдин электротехнологик ишлов берishning tadkikot natizhalari takhlili // "Irrigatsiya va Melioratsiya" журнали. – Тошкент, 2020. – №1(19). – Б. 59-63.	Muxammadiev A., Pardaev A.I., <i>Guzaga birinchi khosilni terishdan oldin elektrotehnologik ishlov berishning tadkikot natizhalari takhlili</i> [Analysis of research results of electrotechnical treatment before harvesting the first crop of cotton]. // Journal of "Irrigatsiya va Melioratsiya". Tashkent. 2020. No1(19). Pp. 59-63. (in Uzbek)
22	Isakov A.J., Ochilov D.M. Increase of operation efficiency and electrical equipment // "Irrigatsiya va Melioratsiya" журнали. – Тошкент, 2019. – №3(17). – Б. 51-54.	Isakov A.J., Ochilov D.M. Increase of operation efficiency and electrical equipment // Journal of "Irrigatsiya va Melioratsiya". Tashkent, 2019. №3(17). Pp. 51-54.

УДК: 621.310:655

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ЧАСТОТЫ НА ДЕЙСТВУЮЩЕМ ОБОРУДОВАНИИ ХЛОПКО-ОЧИСТИТЕЛЬНЫХ ЗАВОДОВ

А.Ж.Исаков - д.т.н., доцент, Б.К.Тухтамишев - к.т.н., доцент

Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

Ж.Н.Толипов - младший научный сотрудник, Научно - технический центр АО "Узбекэнерго"

**Аннотация**

В статье рассмотрены вопросы теоретического и практического обоснования замены нерегулируемого электропривода основного технологического оборудования хлопко-очистительных заводов частотно-регулируемым электроприводом. Рассмотрено влияние изменения нагрузки на валу двигателя на основные параметры установившегося режима. У асинхронного двигателя при увеличении нагрузки увеличивается скольжение до такого значения, при котором врачающий момент двигателя уравновешивает повышенный момент сопротивления. Учитывая, что при скольжениях меньше критического сопротивление статора составляет незначительную долю от общего сопротивления двигателя, считается, что ЭДС, магнитный поток, а соответственно и намагничивающий ток практически не изменяются при изменении нагрузки. По основным параметрам установившегося режима определяются такие важные факторы, как потребление из сети активной и реактивной мощностей, изменение потерь и КПД, нагрев активных частей двигателя, изменение начального врачающего (пускового) момента при неподвижном роторе асинхронного двигателя для оценки возможности пуска двигателя при отклонениях напряжения. Экономия электроэнергии составляет 14-16%.

**Ключевые слова:** энергоемкость, цикл производства, пневмотранспорт, джиннирование, частотно-управляемый электропривод, преобразователь частоты.

## ПАХТА ТОЗАЛАШ ЗАВОДЛАРИНИНГ ИШЛАБ ТУРГАН УСКУНАЛАРИ ЧАСТОТАЛИ БОШҚАРИЛУВЧАН ЭЛЕКТР ЮРИТМАЛАРИНИНГ ЭНЕРГЕТИК КҮРСАТКИЧЛАРИНИ ТАДҚИҚ ЭТИШ

А.Ж.Исаков - т.ф.д., доцент, Б.К.Тухтамишев - т.ф.н., доцент

Тошкент ирригация ва қишлоқ ҳўжалигини механизациялаш мұхандислари институты

Ж.Н.Толипов - кичик илмий ходим, "Узбекэнерго" АЖ Илмий-техника маркази

**Аннотация**

Мақолада пахта тозалаш заводлари асосий электр ускуналари бошқарилмайдиган электр юритмаларини частотали бошқарилувчан электр юритмаларга алмаштиришнинг назарий ва амалий масалалари кўриб чиқилган. Мотор валидаги юкламани ўзгаришини барқарор режимнинг асосий параметрларига таъсири кўриб чиқилган. Асинхрон моторда юклама ошганда, шунингдек, сирпаниш шундай қийматга кўтариладики, бунда моторни айлантирувчи моменти қаршиликнинг оширилган моментини мувозанатлаштиради. Статорни критик қаршилигидан кичик сирпанишларда моторни умумий қаршилигини жуда оз қисмини ташкил этишини ҳисобга олсан, у ҳолда ЭЮК, магнит оқими ва мос ҳолда магнитланиш токи юклама ўзгариши билан амалий жиҳатдан ўзгармайди. Барқарор режимнинг асосий параметрлари тармоқдан актив ва реактив кувватни истеъмол қилиш, кувват исрофи ва ФИКни ўзгариши, моторнинг актив қисмларини қизиши, кучланиш четланиши бўлганда асинхрон моторни ишга тушириш имкониятини баҳолаш учун қўзғалмас роторда бошлангич айлантириш (ишга тушириш) моментини ўзгариши каби муҳим омиллар аникланган. Электр энергия иқтисоди 14–16 фойзи ташкил этади.

**Таянч сўзлар:** энергия сифими, ишлаб чиқариш цикли, пневмотранспорт, жинлаш, частотали-бошқарилувчан электр юритма, частота ўзгартиргич.

## RESEARCH OF ENERGY INDICATORS OF ELECTRIC DRIVES WITH FREQUENCY CONVERTERS (FREQUENCY CONVERTERS) ON THE OPERATING EQUIPMENT OF COTTON CLEANING PLANTS

A.J.Ivakov - d.t.s., associate professor, B.K. Tukhtamishev - c.t.s., associate professor

Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers

J.N. Tolipov - Junior Researcher, Scientific-Technical Center JSC "Uzbekenergo"

**Abstract**

The article deals with the theoretical and practical substantiation of the replacement of an unregulated electric drive of the main technological equipment of cotton refineries with a frequency-controlled electric drive. The influence of a change in the

load on the motor shaft on the main parameters of the steady state is considered. In an asynchronous motor, with an increase in the load, slip increases to such a value at which the torque of the motor balances the increased moment of resistance. Considering that when the stator slip resistance is less than the critical one is a small fraction of the total motor resistance, it can be assumed that the EMF, the magnetic flux, and, accordingly, the magnetizing current practically do not change when the load changes. According to the main parameters of the steady state, such important factors as consumption of active and reactive power from the network, change in losses and efficiency, heating of active parts of the engine, change in the initial torque (starting) torque with a stationary rotor of an induction motor to assess the possibility of starting the motor with voltage deviations. Electricity saving is 14-16%.

**Key words:** energy intensity, production cycle, pneumatic transport, ginning, frequency-controlled electric drive, frequency converter.

**Введение.** Преобразователи частоты (пч) позволяют регулировать скорость вращения электродвигателя за счет изменения входной частоты. Применение преобразователей частоты для управления электродвигателями позволяет сэкономить как минимум 30 % электроэнергии по сравнению с нерегулируемыми электроприводами. За счет значительной экономии электроэнергии установленные на электродвигателях преобразователи частоты окупаются за короткий срок [1, 2, 3, 4].

Частотно-регулируемый электропривод обеспечивает:

- плавный пуск; - длительную работу в заданном диапазоне изменения скорости и нагрузки;
- реверсирование, торможение и останов;
- защиту электрического и механического оборудования от аварийных режимов.

Регулируемый электропривод обладает следующими преимуществами:

- широкий диапазон регулирования скорости;
- высоким значением КПД (без учета КПД двигателя он достигает значения до 0,98);
- высоким значением коэффициента мощности (до 0,98);
- высокой надежностью и малыми габаритами преобразователя;
- облегчается обеспечение электромагнитной совместимости электропривода с источником питания и другими потребителями электрической энергии.

**Методы решений.** Методические положения базируются на результатах теоретических и практических научно-исследовательских работ (НИР), в широком обобщении практического опыта преобразования частоты, который позволяет регулировать скорость вращения электродвигателя за счет изменения входной частоты, научными работами ТИИМСХ, НГГИ и научно-техническим центром АО “Узбекэнерго”. Практические исследования проводились с применением стандартных и специально разработанных методик, достоверность полученных результатов оценивалась путем верификации результатов исследований.

**Результатов и примеры.** Асинхронные электродвигатели эксплуатируемые на технологическом оборудовании хлопкоочистительных заводов работают с различной величиной нагрузок на валу- от холостого хода до номинальной. При этом питающее напряжение и частота сети в большинстве случаев не имеют номинального значения, а постоянно изменяются в зависимости от режимов работы энергосистемы. Поэтому, как правило, вызывают повышенный интерес нагрузочные свойства и энергетические показатели асинхронного двигателя при изменениях параметров сети, т.к. вследствие этого будут изменяться и основные параметры асинхронных двигателей и характеризующий их установившийся процесс, такие как – электродвижущая сила двигателя, магнитный поток, вращающий момент, скольжение, частота тока ротора, фаза тока ротора, ток намагничивания, скольжение, фаза тока статора, коэффициент полезного действия.

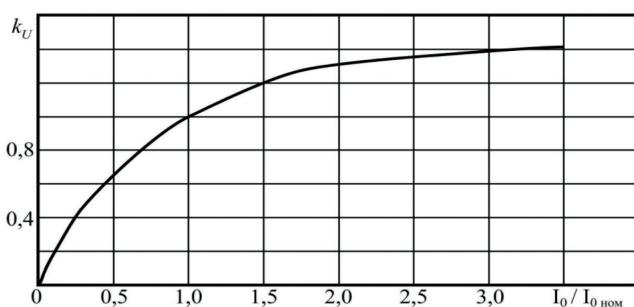
Для оценки влияния изменения параметров питающего напряжения и частоты сети, рассмотрены в начале в общих чертах процессы, происходящие в асинхронном двигателе при отклонениях от номинальных значений нагрузки на его валу (момента сопротивления приводимого двигателем механизма) и напряжения питающей сети.

Увеличение же вращающего момента двигателя приводит к соответствующему увеличению и тока ротора, как следствие увеличивается реактивная ток двигателя, который практически равен сумме индуктивного намагничающего тока и реактивной составляющей приведенного тока ротора, т.е. увеличивается потребляемая реактивная мощность. Активная и реактивной составляющие тока статора он также возрастает при увеличении нагрузки на валу двигателя. Как следствие увеличиваются потери в меди обмоток статора и ротора.

При уменьшении напряжения по характеристике холостого хода (рисунок 1) намагничающий ток уменьшится, а ток статора равный геометрической сумме приведенного тока ротора и тока холостого хода, в зависимости от степени загрузки и соотношения между намагничающим током  $I_o$  и приведенным током ротора  $I_2$ .

$$I_1 = \sqrt{(I_o + I_2 \cdot \sin\varphi')^2 + (I_2 \cdot \cos\varphi')^2} \quad (1)$$

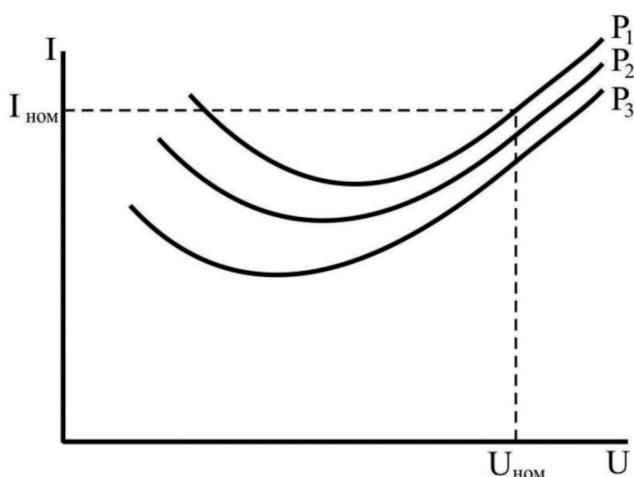
То есть для любых значений нагрузки при изменении



**Рис.1. Кривая намагничивания асинхронного двигателя**

питающего напряжения, ток статора будет зависеть от соотношения реактивного тока намагничивания и активной составляющей тока ротора. Пока ток намагничивания будет уменьшаться в большей степени, чем увеличение приведенного тока ротора и его фазы, ток статора будет уменьшаться. Если активная составляющая тока ротора будет увеличиваться в большей степени, чем реактивная составляющая тока статора, то ток статора будет увеличиваться, и соответственно при равенстве этих составляющих ток статора будет иметь минимальное значение.

Таким образом, изменение тока статора асинхронного двигателя в зависимости от напряжения питания при различных уровнях нагрузки на валу двигателя называются *U-образными* характеристиками (рисунок 2).



**Рис. 2. U-образные характеристики асинхронного двигателя (АД)**

Проанализировав выше сказанное, сделан вывод о том, что понижение напряжения всегда вызывает увеличение тока ротора и уменьшение тока намагничивания. Для любых значений нагрузки есть такая величина питающего напряжения асинхронного двигателя, при которой ток ста-

тора будет иметь минимальное значение. Так же необходимо отметить, что при скольжениях меньше критического снижения напряжения по сравнению с номинальным значением не должно выходить за пределы, определяемые равенством между максимальным моментом сопротивления механизма при критическом скольжении. Экспериментальные исследования по определению энергетических параметров асинхронного электродвигателя с преобразователями частоты (ПЧ) проводились на специальных стендах Навоийского государственного горного института.

**Выводы.** Результаты исследования влияния изменения нагрузки на валу двигателя на основные параметры установившегося режима показали, что у асинхронного двигателя при увеличении нагрузки так же увеличивается и скольжение (незначительно) до такого значения, при котором вращающий момент двигателя уравновешивает повышенный момент сопротивления. По основным параметрам установившегося режима определяются такие важные факторы, как потребление из сети активной и реактивной мощностей, изменение потерь и КПД, нагрев активных частей двигателя, изменение начального вращающего (пускового) момента при неподвижном роторе асинхронного двигателя для оценки возможности пуска двигателя при отклонениях напряжения. Экономия электроэнергии составляет 14-16%.

№	Литература	References
1	Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 23 октябрдаги ПФ-5358-сонли фармони. – Тошкент, 2019.	Uzbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 23 oktyabrdagi PF-5358 sonli farmoni [Decree of the President of the Republic of Uzbekistan from October 23, 2019 PF-5358]. Tashkent, 2019. (in Uzbek)
2	Хашимов А.А., Мирисаев А.У., Кан Л.Т. Энергосберегающий асинхронный электропривод. – Ташкент: Изд-во «Fan va texnologiya», 2011. – 129 с.	Hashimov A.A., Mirisaev A.U., Kan L.T. <i>Energosberegayushiy asinkhronniy elektroprivod</i> [Energy-savings in asynchronous electric drive]. «Fan va texnologiya» Publishing House. Tashkent, 2011. 129 p. (in Russian)
3	Браславский И.Я. О возможностях энергосбережения при использовании регулируемых асинхронных электроприводов. Научно-технический журнал «Электротехника». Москва, 1998. №8.	Braslavsky I.Ya. O vozmozhnostyakh energosberekheniya pri ispolzovanii reguliruemikh asinkhronnikh elektroprivodov [On the possibilities of energy saving when using adjustable asynchronous electric drives]. Scientific and technical Journal "Electrical Engineering", Moscow, 1998. No8. (in Russian)
4	Камалов Т.С. Частотно-регулируемый электропривод насосных станций систем машинного орошения. – Ташкент: ФАН, 2014. - 368 с.	Kamalov T.S. <i>Chastotno-reguliruemiy elektroprivod nasosnikh stantsiy sistem mashinnogo orosheniya</i> [Frequency-regulated electric pumping stations of machine irrigation systems]. Tashkent, FAN. 2014. 368 p. (in Russian)
5	Муратов Х.М., Хашимов Ф.А., Камалов Н.З., Исаков А.Ж. Замена нерегулируемых электроприводов технологического оборудования хлопкоочистительных заводов на регулируемые с применением преобразователей частоты. Материалы международной научно-практической конференции “Проблемы повышения эффективности использования электрической энергии в отраслях агропромышленного комплекса”. – Ташкент. 28 ноября 2018. – С. 211-215.	Muratov H.M., Hashimov F.A., Kamalov N.Z., Isakov A.J. <i>Zamena nereguliruemikh elektroprivodov tekhnologicheskogo oborudovaniya khlopko-ochistitelnykh zavodov na reguliruemie s primenением preobrazovateley chastoti</i> [Replacement of unregulated electric drives of technological equipment of ginneries with regulated using frequency converters] Materials of the international scientific-practical conference “Problems of increasing the efficiency of the use of electric energy in the sectors of the agricultural sector”, Tashkent, November 28, 2018. Pp. 211-215. (in Russian)
6	Муратов Х.М., Хашимов Ф.А. Режимы работы пневмотранспорта хлопкоочистительных заводов с частотно-регулируемым асинхронным электроприводом. Фан ва технологиялар тараққиети. Илмий-техник журнал, Ташкент, 2019, 2-сон, – Б. 68-71.	Muratov H.M., Hashimov F.A., <i>Rezhimi raboti pnevmotransporta khlopkoochistitelnykh zavodov s chastotno-reguliruemim asinkhronnim elektroprivodom</i> [Operating modes of pneumatic transport of ginneries with frequency-controlled asynchronous electric drive.]. Development of science and technology. Scientific and technical journal. Tashkent, 2019. No2. Pp 68-71. (in Russian)
7	Муратов Х.М., Хашимов Ф.А., Рахмонов И.У. Основные закономерности изменения энергетических показателей технологического оборудования хлопкоочистительной отрасли. Научно-технический журнал «Проблемы энерго- и ресурсосбережения». 2019, – №3-4, – С.87-91.	Muratov H.M., Hashimov F.A., Rahmonov I.U. <i>Osnovnie zakonomernosti izmeneniya energeticheskikh pokazateley tekhnologicheskogo oborudovaniya khlopkoochistitelnoy otrassli</i> [The main patterns of change in energy indicators of technological equipment of the cotton ginning industry]. Development of science and technology. Scientific and technical journal. 2019 No3-4, Pp. 87-91. (in Russian)

8	Muratov Kh.M. Tukhtamishev B.K. Isakov A.J. Assessment of energy efficiency of work of pneumatic transport at raw cotton transportation. // European science review (ISSN 2310-5577. Scientific journal). September-October 2016. No9-10. Vienna. Pp.194-195.	Muratov Kh.M. Tukhtamishev B.K. Isakov A.J. Assessment of energy efficiency of work of pneumatic transport at raw cotton transportation. // European science review (ISSN 2310-5577. Scientific journal). September-October 2016. No 9-10. Vienna. Pp.194-195.
9	Tukhtamishev B.K. Isakov A.J. Study of energy indicators of power-consuming equipment at in-plant procurement centers of cotton-cleaning plants. // European science review (ISSN 2310-5577. Scientific journal). September-October 2016. No9-10. Vienna. Pp.215-217.	Tukhtamishev B.K. Isakov A.J. Study of energy indicators of power-consuming equipment at in-plant procurement centers of cotton-cleaning plants. // European science review (ISSN 2310-5577. Scientific journal). September-October 2016. No 9-10. Vienna. Pp. 215-217.
10	Мухаммадиев А. О перспективах развития научных исследований в области электрификации технологических процессов в хлопководстве. // Труды ТИИМСХ. – Ташкент, 1985. – № 139. – 310 с.	Muhammadiev A. O perspektivakh razvitiya nauchnykh issledovaniy v oblasti elektrifikastii tekhnologicheskikh protsessov v khlopkovodstve [On the prospects for the development of scientific research in the field of electrification of processes in cotton growing]. Proceedings TIIAME, 1985. No 139. 310 p. (in Russian)
11	Раджабов А., Мухаммадиев А. К использованию электротехнологии в хлопководстве. Электромеханизация технологических процессов и хлопководство. – Ташкент, 1987. – 312 с.	Radjabov A., Muhammadiev A. K ispolzovaniyu elektrotehnologii v khlopkovodstve. Elektromekhanizatsiya tekhnologicheskikh protsessov v khlopkovodstve [Towards the use of electrotechnology in cotton]. Electromechanization of technological processes in cotton Tashkent, 1987. 312 p. (in Russian)
12	Мухаммадиев А. Исследование электрообработки растений методом математического планирования эксперимента. –Ташкент, ТИИМСХ, 1998. – 144 с.	Muhammadiev A. Issledovanie elektroobrabotki rasteniy metodom matematicheskogo pianirovaniya eksperimenta [Investigation of plant electroprocessing using mathematical experiment planning]. Tashkent: TIIAME, 1998. 144 p. (in Russian)
13	Панченко А.Я. Исследование динамики процесса электрообратотки растительного сырья. Электрическая обработка материалов. – Москва, 1989. – № 6. – С.15-23.	Panchenko A. Ya. Issledovanie dinamiki protsessa elektroobrabotki rastitel'nogo syrya. Elektricheskaya obrabotka materialov [The study of the dynamics of the process of electrical processing of plant materials]. Moscow. 1989. № 6. Pp.15-23. (in Russian)
14	Muzafarov M.Sh., Isakov A.J. Characteristics of electric field of streamer from of the corona discharge with reference to the problems of electrical gas cleaning. // European science review (ISSN 2310-5577. Scientific journal). January-February 2017. №1-2.Vienna. Pp.184-186.	Muzafarov M.Sh., Isakov A.J. Characteristics of electric field of streamer from of the corona discharge with reference to the problems of electrical gas cleaning. // European science review (ISSN 2310-5577. Scientific journal). January-February 2017. No 1-2. Vienna. Pp.184-186.
15	Isakov A.J., Ochilov D.M. Increase of operation efficiency of electrical energy and electrical equipment. Journal of "Irrigatsiya va Melioratsiya". Tashkent, 2019. №3(17). Pp.51-54.	Isakov A.J., Ochilov D.M. Increase of operation efficiency of electrical energy and electrical equipment. Journal of "Irrigatsiya va Melioratsiya". Tashkent, 2019. №3(17). Pp.51-54.
16	Исаков А.Ж., Рахматов А.Д., Очилов Д. М. Электр энергияси исрофини камайтириш // "Irrigatsiya va Melioratsiya" журнали. – Тошкент, 2019. – №4(18). – Б.47-52	Isakov A.J., Raxmatov A. D. Ochilov D.M. Elektr energiyasi isrofini kamaytirish [Problems of reducing the loss of electric energy]. Journal of "Irrigatsiya va Melioratsiya". Tashkent, 2019. №4(18). Pp.47-52. (in Uzbek)
17	Энергосберегающий регулируемый электропривод с преобразователем частоты // Техническая информация. Технокомплект. – Дубна, 1999. – 52 с.	Energosberegayushiy reguliruemyy elektoprivod s preobrazovatelem chastoty [Energy-saving adjustable electric drive with frequency converter]. Technical information. Tekhno-komplekt. Dubna,1999. 52 p. (in Russian)
18	Копытов Ю.В., Чуланов Б.А. Экономия электроэнергия в промышленности: Справочник. - Москва: Энергоатомиздат, 1982. - 112 с.	Kopytov Yu.V., Chulanov B.A. Ekonomiya elektroenergii v promyshlennosti [Energy Savings in Industry:]. Handbook. Moscow: Energoatomizdat, 1982. 112 p. (in Russian)
19	Isakov A.J., Ishnazarov O.Kh. Energy Services and Rationing of Energy Resources Are the Basis of Energy Saving of Enterprises // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering (ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 Certified Jurnal), India, 2015. Volume 5, Issue 3. Pp.510-513.	Isakov A.J., Ishnazarov O.Kh. Energy Services and Rationing of Energy Resources Are the Basis of Energy Saving of Enterprises // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering (ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 Certified Jurnal), - India, 2015. Volume 5, Issue 3. Pp. 510-513.
20	Инструкция по расчету экономической эффективности применения частотно-регулируемого электропривода. – Москва: Минтопэнерго. 1997. – 28 с.	Instruktsiya po raschetu ekonomiceskoy effektivnosti primeneniya chastotno-reguliruemogo elektoprivoda [Instructions for calculating the cost-effectiveness of using a variable frequency drive]. Mintopenergo. Moscow, 1997. 28 p. (in Russian)
21	Kamalov T.S., Toirov O.Z. The method of determining the energy-efficiency of career excavators of the mining industry // European science review. Vienna. 2016. No2. (3-4). Pp. 299-304.	Kamalov T.S., Toirov O.Z. The method of determining the energy-efficiency of career excavators of the mining industry // European science review. Vienna. 2016. No2. (3-4). Pp. 299-304.
22	Мухаммадиев А., Пардаев А.И. Фүзага биринчи ҳосилни теришдан олдин электротехнологик ишлов беришнинг тадқиқот натижалари таҳлили // "Irrigatsiya va Melioratsiya" журнали. – Тошкент, 2020. – №1(19). – Б.59-63.	Muhammadiev A. Pardaev A. Guzaga birinchи khosilni terishdan oldin elektrotehnologik ishlov berishning tadkikot natizhalari tahlili [Analysis of results of researches of electrotechnological treatment of the cotton trouble up to the first crop collection]. Journal of "Irrigatsiya va Melioratsiya". Tashkent, 2020. No1(19). Pp.59-63. (in Uzbek)

УДК: 621.472.383.56

## АВТОНОМНАЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КРУГЛОГОДИЧНОГО ГАРАНТИЙНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ СЕЛЬСКИХ ОБЪЕКТОВ

*М.Н. Турсунов - д.т.н. профессор, Х. Сабиров - к.т.н. с.н.с., У.Р. Холов - докторант*

*Т.З. Ахтамов - стажёр-исследователь. Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце», Академия наук РУз*

### **Аннотация**

В статье рассмотрены физико-технические особенности, приведены экспериментальные результаты исследований параметров автономной фотоэлектрической станции мощностью 2600 Вт, разработанной и изготовленной на основе 16 фотоэлектрических батарей из поликристаллического кремния с эффективностью 15,6%. Показано, что автономная фотоэлектрическая станция эффективно и надежно обеспечивает электрической энергией систему освещения автомобильной стоянки в зимнее время года (январь и февраль месяцы) и предусмотрен подъем воды из колодца глубиной 70-80 м для орошения и технического обслуживания Гелиополигона с апреля 2020 года. Анализируются причины выявленных потерь энергии солнечного излучения и электрической энергии для дальнейшей оптимизации параметров автономной фотоэлектрической станции.

**Ключевые слова:** фото тепловая батарея, фотоэлектрическая батарея, фотоэлектрическая станция, солнечный элемент, мобильная многофункциональная фотоэлектрическая станция, солнечное излучение

## ҚИШЛОҚ ОБЪЕКТЛАРИНИ ЙИЛ ДАВОМИДА ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯ БИЛАН КАФОЛАТЛИ ТАЪМИНЛОВЧИ АВТОНОМ ФОТОЭЛЕКТРИК ТИЗИМИ

*М.Н. Турсунов - т.ф.д., профессор, Х. Сабиров - т.ф.н., к.и.х., У.Р. Холов - докторант*

*Т.З. Ахтамов - стажёр тадқиқодчи, ЎзРФА «Физика-Қўёш» ИИЧБ Физика-техника институти*

### **Аннотация**

Мақолада самарадорлиги 15,6% бўлган поликристалли кремнийдан тайёрланган 16 та фотоэлектрик батареялар асосида ишлаб чиқарилган ва 2600 W қувватга эга автоном фотоэлектр қурилмасининг параметрларини экспериментал ўрганиш натижалари келтирилган. Автоном фотоэлектр қурилмаси қиши мавсумида (январь ва февраль ойларида) автоупловлар тураргоҳини ёритиш тизимини электр энергияси билан самарали таъминлаш билан бирга ёз ойларида Гелиополигонни суғориш ва техник таъминоти учун сувни қудуқдан 70–80 м чукурликдан кўтариш имкониятига эгадир. Қуёш нурлари ва электр энергиясининг йўқотиш ва автоном фотоэлектр станциясининг параметрларини янада оптималаштириш сабаблари таҳлил қилинди.

**Таянч сўзлар:** фото иссиқлик батареяси, фотоэлектрик батарея, фотоэлектрик станцияси, қуёш батареяси, кўчма кўп функцияли фотоэлектр станцияси, қуёш нурлари.

## AUTONOMOUS PHOTOVOLTAIC SYSTEM FOR YEAR-ROUND GUARANTEE SUPPLY OF ELECTRICITY TO RURAL FACILITIES

*M.N. Tursunov - DSc, professor, X. Sabirov - c.t.s. associate professor, U.R. Kholov - PhD student*

*T.Z. Akhtamov - researcher, Physical-technical institute of SPA “Physics-Sun” of the Academy of Science of Uzbekistan*

### **Abstract**

The article discusses the physical and technical features of the experimental results of studying the parameters of an autonomous photovoltaic station (AFES) with a power of 2600 W designed and manufactured on the basis of 16 photovoltaic batteries made of polycrystalline silicon with an efficiency of 15.6 %. It is shown that an autonomous photovoltaic efficiently and reliably provides electric energy a lighting system for car parking in the winter season (January and February) and it is planned to lift water from a well with a depth of 70-80 m for irrigation and maintenance of the Heliopoligon from April 2020. The causes of the identified energy losses of solar radiation and electric energy are analyzed for further optimization of the APEC parameters.

**Key words:** photo thermal battery, photovoltaic battery, photovoltaic station, solar cell, mobile multifunctional photovoltaic station, solar radiation.



**В**едение. Автономная фотоэлектрическая система на основе кремниевых фотоэлектрических батарей предназначена для обеспечения электрической энергией сельских объектов (системы освещения, подъема воды из колодцев и орошение полей, обеспечение энергией бытовых и хозяйственных приборов, мелких механических работ и электрической сварки, машинное доение крупного рогатого скота). Автономная фотоэлектрическая система является идеальным решением, когда нет воз-

можности подключить установку к общей электрической сети или цена нового подключения непомерно высока. Автономная фотоэлектрическая система также подойдет тем, кто желает быть полностью автономным от централизованной системы энергоснабжения [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Автономная фотоэлектрическая система на основе фотоэлектрических модулей является экологически чистым источником энергии. В автономных фотоэлектрических системах фотоэлектрические батареи используются сов-

местно с буферными аккумуляторами, что обеспечивает стабильное энергоснабжение потребителей в любое время суток и вне зависимости от суточного и погодного изменения интенсивности солнечного излучения. Автономная фотоэлектрическая система, помимо фотоэлектрической батареи, (ФЭБ) аккумуляторов и потребителей энергии, обычно содержит прибор электронного контроля и защиты, исключающий перезаряд аккумулятора и его глубокий разряд. Автономную фотоэлектрическую систему, можно монтировать независимо от наличия энергетической сети и использовать её, как автономную систему энергоснабжения, так и, в режиме интегрированной к централизованной низковольтной энергетической системы. Автономная фотоэлектрическая система включается параллельно к действующей низковольтной электрической сети, и обеспечить следующие функциональные возможности преобразование солнечной энергии в электрическую в дневное время, аккумулирование энергии, передача энергии в сеть и при различных отключениях в сети – передача аккумулированной энергии потребителям - жителям типовых сельских домов. В работе приводятся результаты исследований по изготовлению и использованию автономной фотоэлектрической системы в условиях приближенных к сельским регионам республики. Исследования параметров и испытания в естественных условиях солнечного освещения проводились в Гелиополигоне Физико-технического института. Энергия, вырабатываемая автономной фотоэлектрической системой, использована для подъёма воды из колодца, и расходовалась для охлаждения и очистки поверхности гелиотехнических устройств от пыли и загрязнений, орошения сада, расположенного на территории, освещения автомобильной стоянки, и эффективности применения различных потребителей электрической энергии от фотоэлектрической станции.

**Объект исследований.** Преимущества использования солнечной энергии с преобразованием в электрическую энергию для подъёма воды, связаны с сезонным совпадением максимума годового прихода солнечного излучения и годового максимума потребности в воде, с относительно низкой вероятностью наличия пасмурных дней в весенне-летне-осенний период [7, 8, 9, 10], для условий Ташкента и сельских регионов республики май-сентябрь месяцы. Автономная фотоэлектрическая система установлена на крыше стоянки для легковых автомобилей сотрудников Физико-технического института. Она не ориентирована точно к Югу, и к точке зенита Солнца (Рис.1). Поэтому размещение фотоэлектрических батарей произведено с учетом надежного крепления к конструкции



1- фронтальная защита из стекла с рифленой поверхностью, 2-из стекла с полированной поверхностью, 3-блок управления и контроля установки.

**Рис.1. Автономная фотоэлектрическая станция.**  
Фотоэлектрические батареи на основе кристаллического кремния

крыши автостоянки. Однако, такое расположение фотоэлектрических батарей не обеспечивает максимальную эффективность фотоэлектрической станции. При строгой ориентации автономной фотоэлектрической системы к югу и точке зенита Солнца выработка электрической энергии была бы приблизительно на 40-45 % больше.

**Методы решений.** Автономная фотоэлектрическая система состоит из 16 фотоэлектрических батарей на основе солнечных элементов из поликристаллического кремния. Фотоэлектрические батареи изготовлены в Физико-техническом институте НПО «Физика-Солнце». Эффективность преобразования поликристаллических солнечных элементов китайского производства составляет 15,6 %, размеры 156 x 156 мм. Фотоэлектрические батареи в отличие от общепринятых конструкций мировых производителей в 36 солнечных элементов, состоят из 40 последовательно коммутированных солнечных элементов. В этом случае в летнее время при температурах более 30°C сохраняется возможность обеспечения зарядки аккумуляторных батарей до 100 %. При плотности солнечного излучения 850 Вт/м<sup>2</sup> параметры батареи составляют: ток короткого замыкания 8,0-8,2А, напряжение холостого хода 23,8- 24,1 В. Фотоактивная площадь каждой батареи составляет 0,97 м<sup>2</sup>. В качестве защиты с фронтальной стороны использованы стекло двух типов. Полированное стекло толщиной 5 мм с коэффициентом отражения поверхности около 10 % и стекло с рифленой поверхностью толщиной 3,2 мм, коэффициент отражения около 5 % [11,12,13]. Из 16 фотоэлектрических батарей 8 батарей со стеклом из полированной поверхности и 8 с рифленой поверхностью. Анализ результатов и примеры. Как видно из рис.1. батареи различаются по виду, при освещении солнечным излучением. Фотоэлектрические батареи с защитным стеклом с рифленой поверхностью имеет другую окраску, чем батареи со стеклом из полированной поверхности. Это объясняется различием поглощения солнечного излучения батареи с рифленой и полированной поверхностью. Суммарная мощность фотоэлектрических батарей в условиях АМ 1 ( $E=1000$  Вт/м<sup>2</sup>,  $T=25^{\circ}\text{C}$ ) составляет 2700 Вт. В реальных условиях г. Ташкента при  $E= 800-850$  Вт/м<sup>2</sup> и  $T=30^{\circ}\text{C}$  суммарная мощность батарей составляет 2200-2300 Вт.

В таблице 1 приведены экспериментальные данные для двух типов фотоэлектрических батарей, с разными поверхностями защитных стекол. Параметры фотоэлектрических батарей с рифленой и полированной поверхностью несколько отличаются. В случае батареи с стеклом с рифленой поверхностью из-за относительно меньшего значения коэффициента отражения поверхности и меньшей толщиной стекла ток короткого замыкания на 3-4 % выше. В отличие от современных «сетевых» фотоэлектрических станций большой мощности в данном случае, для обеспечения гарантированного обеспечения электрической энергией, в состав автономной фотоэлектрической станции входит система аккумулирования электрической энергии, состоящая из 4 аккумуляторных батарей типа GELSOLAR, соединенные последовательно (48 В), АБ емкостью 200 А час, контроллера на 48 В с током 60 А и инвертор с формой сигнала «чистый синус» мощностью 3000 Вт, с напряжением преобразования 48 В постоянного тока на переменный ток с напряжением 220 В. Эффективность инвертора более 95 %. Инвертор допускает использование любых нагрузок (активной и реактивной нагрузки) мощностью до 2500 Вт переменного тока [14,15].

Для долговременного изучения влияния различных факторов, в том числе влияние атмосферных загрязнений, на параметры, автономная фотоэлектрическая стан-

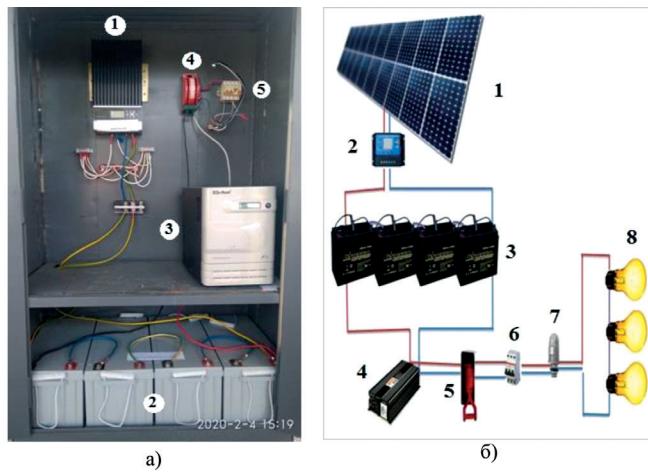
**Таблица 1**  
Перечень оборудования, приборов и комплектующих для создания комбинированной установки

№ П/П	Наименование	Параметры	Количество
1	ФЭБ, защита полированное стекло толщиной 5 мм	8,2 А, 23,8 В, условие АМ 1	8
2	ФЭБ защита рифленое стекло толщиной 3,2 мм	8,6 А, 24,1 В, условие АМ 1	8
3	Аккумуляторы, GEL Solar	200 А час, 12 В	4
4	Контроллер, Smart	48 В, 40 А	1
5	Инвертор	48 В, 3000 Вт	1
6	Нагрузка, LED лампы	50 Вт (3) и 18 Вт (10)	10
7	Фотореле	30 люкс и 150 люкс	1
8	Автоматы для нагрузок	220 В, 10 А	5
9	Водоподъемный насос	220 В, 750 Вт	1

ция постоянно подключена к системе освещения, прилегающей территории автостоянки. Система освещения состоит из трех прожекторных ламп мощностью 50 Вт каждая и 10 светодиодных ламп освещения суммарной мощностью 180 Вт. Общая мощность нагрузки составляет 330 Вт. Для исключения влияния различных нагрузок к работе инвертора, каждая нагрузка имеет свой узел (автомат) для подключения. В летнее время года (май-сентябрь) нагрузкой большой мощности автономной фотоэлектрической станции является водоподъемный насос мощностью 750 кВт для подъема воды с глубины до 50 м и орошения близлежащей территории, а также для испытания автономной фотоэлектрической станции и другие нагрузки в короткое время, холодильник, сварочный агрегат и другие.

На рис. 2 приведена, структура размещения элементов блока управления и электрическая схема подключения частей и блоков автономной станции. Осветительные светодиодные лампы используются в ночное время суток; в зимнее время в течение 13-16 часов, в летнее время 8-12 часов. Водоподъемный насос используется в летнее время года за исключением октября-апрель месяцы в течение 2-4 часов. Расход электрической энергии для питания водоподъемного насоса в день составляет 1,5-3 кВт. Производительность насоса в условиях солнечного освещения 800-850 Вт/м<sup>2</sup> составляет 2-4 м<sup>3</sup>/час. В весенне-осенний сезон года средняя выработка электроэнергии автономной фотоэлектрической станцией составляет 8-10 кВт, что покрывает потребность электроэнергии обеими нагрузками. В зимнее время (ноябрь-февраль), средняя вырабатываемая электрическая энергия на 40-60 % меньше и вся энергия расходуется на освещение территории автостоянки [16].

Использование автономной фотоэлектрической система проводиться с 25 января 2020 года. Солнечное излучение освещало поверхность фотоэлектрических батарей с 9 часов 40 минут до 15 часов 30 минут. Первая неделя были подключены только прожекторные лампы (3 лампы) суммарной мощностью 150 Вт. Использовалось фотореле с пределами подключения при освещенности 30 люкс (30 мВт/см<sup>2</sup>-включение) и 150 люкс (150 мВт/см<sup>2</sup> - отключение) нагрузки. За январь месяц среднее время ночной освещения территории автомобильной стоянки



а) 1-контроллер, 2-аккумуляторные батареи, 3-инвертор,

4-рубильник, 5-автомат для нагрузок

б) 1-фотоэлектрические батареи, 2-контроллер, 3-аккумуляторные батареи, 4-инвертор, 5-рубильник, 6-автоматика для подключения нагрузок, 7-фотореле, система освещения, 8 - нагрузка

**Рис.2. а) Размещение элементов блока управления и контроля автономной фотоэлектрической системы**

**б) Электрическая схема подключения частей и блоков автономной фотоэлектрической системы**

составлял 14 часов, расход электроэнергии в сутки 2100 Вт. За время испытаний автономной станции в январе месяце было два случая отключения системы от нагрузки 2 раза с недобором по 1 часу. С начала февраля в связи с увеличением светлого времени суток на около 60 минут, выявлен не полный расход накопленной энергии в аккумуляторных батареях. Неиспользованная энергия в ясные солнечные дни составляла до около 800 Вт. С 1 марта были подключены все лампы с суммарной мощностью 3300 Вт. В солнечные дни обеспечение энергии для освещения объекта проводиться по режиму фотореле, при дождливой погоде нехватка энергии составляла до 2 часов. Отметим, что за более, чем 3 месяца работы не было не разу отключения автономной фотоэлектрической станции, по каким – либо причинам. С 20 марта по май месяц 2020 года фотоэлектрическая станция работала в автономном режиме без обслуживания оператором, в связи с «Online» режимом работы сотрудников Физико-технического института и не было срыва работы станции.

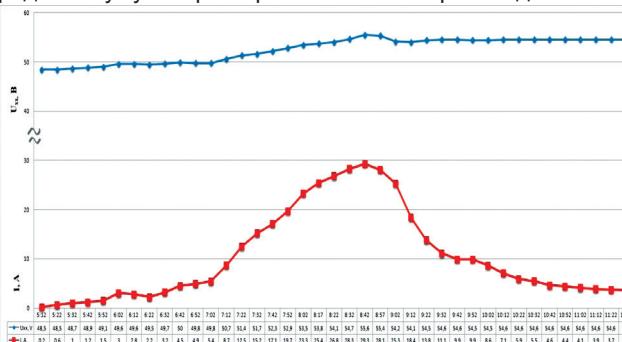
В последние годы в фотоэлектрических установках широко применяются никель-кадмевые (NiCd) и гелевые аккумуляторные батареи. Зарядка NiCd и гелевых аккумуляторных батарей отличается от зарядки свинцово-кислотных аккумуляторных батарей тем, что для первых нет фиксированного значения напряжения окончания заряда. Однако при зарядке аккумуляторных батарей необходимо обеспечивать полный его заряд. Недозаряд снижает эффективность аккумуляторных батарей и приводит к снижению ёмкости. При заряде повышенным током в случае перезаряда, происходит разрушение аккумуляторных батарей. Для предотвращения разрушения аккумуляторов и увеличения эффективности её работы используются различные контроллеры заряда аккумуляторов. Одним из последних эффективных контроллеров является Smart контроллеры. Нами изучена работа Smart контроллера (Рис.2а) в течение продолжительного времени в разных условиях освещенности поверхности фотоэлектрических батарей. Smart контроллер рассчитан на нормальную работу при напряжении 48 В и токе до 40 А. Эксперимен-

тально выявлено, что пределы изменения напряжения в системе аккумулирования энергии, Smart контроллером составляют нижнее значение 44 - 44,2 В, а верхнее 54,9 - 55,1 В. Нижнее значение напряжения означает, зарженность аккумуляторов 25-30 %, меньше этого значения использовать аккумулированную энергию без ущерба аккумулятору нельзя. Верхнее значение означает, что зарядка выполнена на 100 %. В пределах этих значений напряжения аккумуляторы заряжаются.

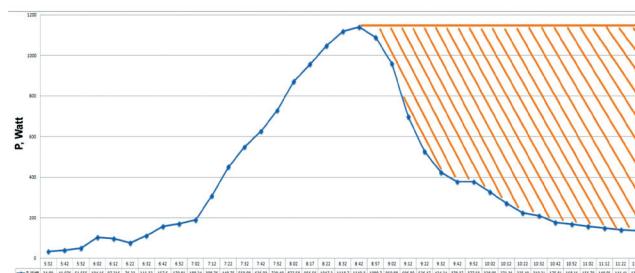
По мере зарядки аккумуляторных батарей происходит увеличение напряжения при максимальном токе фотоэлектрических батарей, проходящего через контроллер. Это значение тока в нашем случае 27-28 А для зимнего периода года, а для летнего периода 31-32 А. Согласно динамике изменения параметров Smart контроллера, по мере заполнения аккумуляторных батарей при значениях уровня зарядки более 60-65%, контроллер по заложенной в ней программе, начинает уменьшать ток зарядки аккумулятора. Происходит постепенное снижение тока зарядки аккумуляторов до 1 А (условна принята, как полная зарядка аккумуляторов). Разность тока короткого замыкания, вырабатываемого фотоэлектрическими батареями и тока зарядки АБ, преобразуется в тепло и нагревает систему охлаждения контроллера (ребристые радиаторы) и рассеивается в атмосферу (рис. 3,4).

Электрическая мощность определена из формулы где значения тока и напряжения приведены на рис.3, FF - коэффициент заполнения вольт-амперной характеристики фотоэлектрической батареи, которое в нашем случае имеет значения 0,70-0,72.

В зимнее время до конца марта месяца полная зарядка аккумуляторов при ясном небе происходит в 13-14



**Рис.3. Зависимость изменения параметров Smart контроллера напряжения холостого хода и тока короткого замыкания фотоэлектрических батарей по времени суток (май 2020 г.)**



**Рис. 4. Изменение электрической мощности, проходящей через Smart контроллер во времени (май 2020 г.). Красная область, электрическая мощность превращенная в тепло и рассеянная контроллером в атмосферу**

часов дня. Температура радиатора достигает 45-50°С. В летнее время температура может быть гораздо больше, что может привести к выходу из строя контроллера. Апрель- июнь месяцы полная зарядка аккумуляторов достигается к 9-10 часам дня в зависимости от расхода электрической энергии в предыдущий день (от количества запасенной энергии в аккумуляторах). На рис 4. показана зависимость времени полной зарядки аккумуляторных батарей от времени суток для условиях г. Ташкента. Как видно из рисунка 4 большая часть электрической энергии, выработанной автономной фотоэлектрической станцией (более половины) превращается в тепло. Для уменьшения тепловой части энергии в дальнейшем необходимо увеличить суммарную емкость аккумуляторных батарей в два раза.

**Заключение.** При разработке и создании автономных фотоэлектрических станций для непосредственного обеспечения электрической энергией и водой сельских объектов в регионах республики появляются дополнительные возможности повышения коэффициента использования электрической мощности. Это достигается при строгом направлении автономной фотоэлектрической станции на юг, увеличении количества аккумуляторов в 2 раза и более, подключением в течение всего времени суток нагрузок разной мощности. В дальнейшем будут исследованы возможности повышения коэффициента использования электрической энергии, получаемой автономной фотоэлектрической станцией для производственных и бытовых нужд хозяйствующих субъектов сельских регионов, и вопросы снижения температуры фотоэлектрических батарей [19, 20] в летнее время. Работа выполнено в рамках государственных программ Министерства инновационного развития Республики Узбекистан по проекту фундаментальных исследований ПФИ ФА-Ф3-004.

№	Литература	References
1	М.Н. Турсунов, Р.А. Муминов, У.Х. Газиев, З.С. Сеттарова, О.Ф. Тукфатуллин, "Научные и технологические аспекты разработки фотоэлектрической установки для работы в условиях жаркого климата", Гелиотехника, №3 С. 13-17. – Ташкент 2006.	M.N. Tursunov, R.A. Muminov, U.Kh. Gaziev, Z.S. Settarova and O.F. Tukfatullin, "Nauchnye i tekhnologicheskie aspekty razrabotki fotoelektricheskoy ustanovki dlya raboti v usloviyakh zharkogo klimata" [Scientific and technological aspects of the development of a photovoltaic installation for operation in hot climates], Geliotekhnika. No. 3, Pp. 13-17, Tashkent 2006. (in Russian).
2	М.Н. Турсунов, А.М. Мирзабаев, С. Дадамухamedов, В.П. Канонеров, Э. Абдуллаев, О.Ф. Тукфатуллин, "Фотоэлектрическая установка уличного освещения на основе кремниевых солнечных элементов", Гелиотехника, №1 С. 26-30. – Ташкент, 2009.	M.N. Tursunov, A.M. Mirzabaev, S. Dadamukhamedov, V.P. Kanonerov, E. Abdullaev, and O.F. Tukfatullin, "Fotoelektricheskaya ustanovka ulichnogo osveshheniya na osnove kremniyevykh solnechnykh elementov" [Photovoltaic installation of street lighting based on silicon solar cells], Geliotekhnika, No. 1, Pp. 26-30, Tashkent 2009 (in Russian).
3	Т.Т.Рискиев, М.Н.Турсунов, Т. Абдуллаев "Фотоэлектрические станции, интегрированные в действующую сеть электроснабжения" Проблемы энерго-ресурсосбережения, – Ташкент, 2015. – №1-2, – С. 187-193	T.T.Riskiev, M.N.Tursunov, T. Abdullaev "Fotoelektricheskie stantsii, integrirrovannye v dejstvuyushchuyu set' ehlektrosnabzheniya" [Photovoltaic plants integrated into the existing power supply network] Problemy ehnergo-resursosberezheniya, Tashkent 2015, No. 1-2, Pp. 187-193. (in Russian)

4	M.N. Tursunov, V.G. Dyskin, I.A Yuldashev, Kh. Sabirov, Park Jeong Hwoan "ACriterion of Contamination of the Glass Surface of Photovoltaic Batteries" Applied Solar Energy, 2015 Vol. 51. No.2, Pp 163-164	M.N. Tursunov, V.G. Dyskin, I.A Yuldashev, Kh. Sabirov, Park Jeong Hwoan "A Criterion of Contamination of the Glass Surface of Photovoltaic Batteries" Applied Solar Energy, 2015 Vol. 51. No.2, Pp 163-164
5	Алферов Ж.И., Андреев В.М., Румянцев В.Д. "Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики" ФТП. – 2004. – №38. – С. 937-947.	Afedorov Z.H.I., Andreev V.M., Rumyantsev V.D. <i>Tendentsii i perspektivi razvitiya solnechnozh fotoenergetiki</i> [Trends and prospects for the development of solar photovoltaics]. FTP, 2004. No.38. Pp. 937-947. (in Russian)
6	Анарабаев. А.И., Захидов Р.А., Орлова Н.И., Таджиев У.А. "Районирование территории Узбекистана по комплексу метеофакторов, влияющих на эффективность работы солнечных систем горячего водоснабжения" Гелиотехника. – Ташкент, 2008. – № 2. – С. 62-73.	Anarbaev. A.I., Zakhidov R.A., Orlova N.I., Tadzhiev U.A. <i>Razzonirovanie territorii Uzbekistana po kompleksu meteofaktorov, vliyayushchikh na effektivnost' raboty solnechnykh sistem goryachego vodosnabzheniya</i> [Zoning of the territory of Uzbekistan by a complex of meteorological factors affecting the efficiency of solar hot water systems]. Geliotekhnika. Tashkent, 2008. No2. Pp. 62-73.(in Russian)
7	М.Н. Турсунов, Х. Сабиров, И.А. Юлдашев, С. Дадамухamedов, "Особенности создания фотоэлектрической системы для подъема воды" // Экологический вестник, №10, С. 27-29. 2012.	M.N. Tursunov, KH. Sabirov, I.A. Yuldashev, S. Dadamukhamedov, "Osobennosti sozdaniya fotoelektricheskoy sistemy dlya pod'ema vody", [Features of creating a photovoltaic system for lifting water] Ehkologicheskij vestnik No. 10, Pp. 27-29. 2012.
8	Т.Т. Рискиев, М.Н. Турсунов, Х. Сабиров, И.А. Юлдашев, "Автономная фотоэлектрическая система электропитания теплиц сельских жителей", Проблемы энерго- и ресурсосбережения, №1-2. – С. 25-31, Tashkent, 2013.	T.T. Riskiev, M.N. Tursunov, KH. Sabirov, I.A. Yuldashev, "Avtonomnaya fotoelektricheskaya sistema elektropitanija teplits sel'skih zhitelej", [Autonomous photovoltaic power supply system for rural greenhouses] Problemy ehnergo-resursosberezeniya, No.1-2, Pp. 25-31, Tashkent 2013.(in Russian)
9	Турсунов М.Н., Юлдошев И.А. "Разработка фотоэлектрических батарей, установок эффективно работающих в условиях Центральной Азии" Проблемы энерго-ресурсосбережения. – Ташкент, 2011. – Специальный выпуск. – С. 160-165.	Tursunov M.N., Yuldoshev I.A. <i>Razrabotka fotoelektricheskikh batarej, ustanonok effektivno rabotayushchikh v usloviyakh Tsentral'noj Azii</i> [Development of photovoltaic batteries, installations efficiently operating in Central Asia]. Tashkent, 2011. Spetsial'nyj vypusk. Pp.160-165. (in Russian)
10	М.Н. Турсунов, В.Г. Дыскин, И.А. Юлдашев, "Критерий загрязнения поверхности стекла фотоэлектрической батареи". Гелиотехника, – №2. – С. 82-84, – Ташкент, 2015.	M.N. Tursunov, V.G. Dyskin and I.A. Yuldashev, "Kriterij zagryazneniya poverkhnosti stekla fotoelektricheskoy batarei" [A criterion for the contamination of the glass surface of a photovoltaic battery], Geliotekhnika, No2, Pp. 82-84, Tashkent 2015. (in Russian)
11	В.Г. Дыскин, М.Н. Турсунов, Э.Т. Абдуллаев, "Мобильный измерительный зонд для мониторинга степени загрязнения стекла", Проблемы энерго - и ресурсосбережения, №1-2, – С. 4-6. 2016.	V.G. Dyskin, M.N. Tursunov, EH.T. Abdullaev, "Mobil'ny izmeritel'ny zond dlya monitoringa stepeni zagryazneniya stekla" [Mobile measuring probe for monitoring the degree of contamination of glass], Problemy ehnergo - i resursosberezeniya, No1-2, Pp. 4-6, 2016. (in Russian)
12	Патент № FAP 2015 0107 от 15.03.2017 г., Фотоэлектрическая установка Турсунов М.Н., Сабиров Х., Юлдошев И.А., Комолов И.М., Раджапов Б.С.	Patent № FAP 2015 0107 ot 15.03.2017 g., <i>Fotoelektricheskaya ustanonovka</i> [Photovoltaic installation] Tursunov M.N., Sabirov KH., Yuldoshev I.A., Komolov I.M., Radzhabov B.S.
13	М.Н. Турсунов, Х. Сабиров, И.А. Юлдашев, Б.М. Турдиев, И.М. Комолов, "Фототепловые батареи разной конструкции, сравнительный анализ", Гелиотехника, №1, – С. 26-29, Ташкент: 2017.	M.N. Tursunov, K.H. Sabirov, I.A. Yuldashev, B.M. Turdiev, I.M. Komolov, "Fototeplovye batarei raznozh konstruktsii, srovnitel'nyj analiz" [Photothermal batteries of different designs, comparative analysis], Geliotekhnika, No1, Pp. 26-29, Tashkent. 2017. (in Russian)
14	М.Н. Турсунов., И.А. Юлдошев. "Автономная фотоэлектрическая система подъема воды из колодцев" Экологический вестник. – Ташкент, 2011. – №4-5. – С. 52-54.	M.N. Tursunov., I.A. Yuldoshev. "Avtonomnaya fotoelektricheskaya sistema pod'ema vody iz kolodzey" [Autonomous photovoltaic system for lifting water from wells] Ekologicheskikh vestnik. Tashkent, 2011. No. 4-5. Pp. 52-54. (in Russian)
15	R.A.Muminov, M.N.Tursunov, X.Sabirov, U.Abdiev, B.A.Yuldoshev, Sh.N.Abilfayziev, "Study of the Parameters of a Photo of a Thermal Battery with a cell Polycarbonate Collector", International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, vol. 6, No. 12, Pp. 12018-12023, 2019.	R.A. Muminov, M.N. Tursunov, X. Sabirov, U.Abdiev, B.A. Yuldoshev, Sh.N. Abilfayziev, "Study of the Parameters of a Photo of a Thermal Battery with a cell Polycarbonate Collector", International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, vol. 6, No. 12, Pp. 12018-12023, 2019.
16	M.N. Tursunov, R.A. Muminov, O.F. Tukfatullin, I.A. Yuldoshev, E.T. Abdullaev "Photothermal Electric Battery Based on Silicon Solar Cells" Applied Solar Energy, Vol.47, №1, Pp. 63-65. 2011.	M.N. Tursunov., R. A. Muminov., O. F. Tukfatullin., I. A. Yuldoshev., and E.T. Abdullaev Photothermal Electric Battery Based on Silicon Solar Cells Applied Solar Energy, Vol.47, No.1, Pp. 63-65, 2011.
17	M. N. Tursunov, R. A. Muminov, V. G. Dyskin, I. A. Yuldoshev. A mobile photothermal converter and its operating characteristics Applied Solar Energy January, Volume 49, Issue 1, Pp. 16-18. 2013.	M. N. Tursunov, R. A. Muminov, V. G. Dyskin, I. A. Yuldoshev. A mobile photothermal converter and its operating characteristics Applied Solar Energy January, Volume 49, Issue 1, Pp. 16-18. 2013.
18	Рискиев Т.Т, М.Н Турсунов., Х. Сабиров., И.А. Юлдошев., Б.М. Турдиев.. Автономная фотоэлектрическая система электропитания теплиц сельских жителей Проблемы энерго-ресурсосбережения. – Ташкент, 2013. – №1-2. – С. 128-133.	Riskiev T.T, M.N Tursunov., KH. Sabirov., I.A. Yuldoshev., B.M. Turdiev. <i>Avtonomnaya fotoelektricheskaya sistema elektropitanija teplits sel'skih zhitelej</i> [Autonomous photovoltaic power supply system for greenhouses of rural residents] Problemy ehnergo-resursosberezeniya. Tashkent, 2013. No.1-2. Pp. 128-133. (in Russian)
19	М.Н Турсунов., С.Дадамухамедов., И.А. Юлдошев., Х. О. Сабиров., Б.М. Турдиев.. Особенности создания фотоэлектрической системы для подъема воды Экологический вестник. – Ташкент, 2012. – №10. – С. 27-29.	M.N Tursunov., S.Dadamukhamedov., I.A. Yuldoshev., KH. O. Sabirov., B.M. Turdiev. <i>Osobennosti sozdaniya fotoelektricheskoy sistemy dlya pod'ema vody</i> [Features of creating a photovoltaic system for lifting water] Ehkologicheskij vestnik. Tashkent, 2012. No.10. Pp. 27-29. (in Russian)
20	M.N. Tursunov, Sungjin Kim, Sobirov Kh.A, Yuldashev I.A, Turdiev B.M. Development of Installation on the base of Photo thermal Conversion and study its Properties International Workshop on Convergence pf Physical and material Engineering (IWCPME 2013), Chiang Mai University, Thailand 2013. Pp.33-35	M.N. Tursunov, Sungjin Kim, Sobirov Kh.A, Yuldashev I.A, Turdiev B.M. Development of Installation on the base of Photo thermal Conversion and study its Properties International Workshop on Convergence pf Physical and material Engineering (IWCPME 2013), Chiang Mai University, Thailand 2013. Pp. 33-35.

# ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ПРЕЗИДЕНТИНИНГ 2020 ЙИЛ 10 ИЮЛДАГИ “ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ СУВ ХЎЖАЛИГИНИ РИВОЖЛАНТИРИШНИНГ 2020–2030 ЙИЛЛАРГА МЎЛЖАЛЛАНГАН КОНЦЕПЦИЯСИНИ ТАСДИҚЛАШ ТҮҒРИСИДА”ГИ ПФ-6024-СОНЛИ ФАРМОНИ

**С**ўнгги йилларда ер ва сув ресурсларидан сама-  
трали фойдаланиш, сув ресурсларини бошқариш  
тизимини такомиллаштириш, сув хўжалиги объектларини  
модернизация қилиш ва ривожлантириш бўйича изчил ис-  
лоҳотлар амалга оширилмоқда.

Шу билан бирга, глобал иқлим ўзгариши, аҳоли со-нининг ва иқтисодиёт тармоқларининг ўсиши, уларнинг сувга бўлган талаби йил сайнин ошиб бориши туфайли сув ресурсларининг тақчиллиги йилдан-йилга кучайиб бормоқда. Фойдаланилган ўртача йиллик сув микдори 51 — 53 млрд куб метрни, жумладан, 97,2 фоизи дарё ва сойлардан, 1,9 фоизи коллектор тармоқларидан, 0,9 фоизи эса ер остидан фойдаланиб, ажратилган сув олиш ли-митига нисбатан 20 фоизга қисқарган.

Республикада 2020 — 2030 йилларда аҳолини ва иқти-  
содиётнинг барча тармоқларини сув билан барқарор таъ-  
минлаш, сугориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини  
яхшилаш, сув хўжалигига бозор тамойиллари ва меҳа-  
низмларини ҳамда рақамли технологияларни кенг жорий  
этиш, сув хўжалиги обьектларининг ишончли ишлашини  
таъминлаш ҳамда ер ва сув ресурсларидан фойдаланиш  
самарадорлигини ошириш мақсадида:

## 1. Қүйидагилар:

Ўзбекистон Республикаси сув хўжалигини ривожлантиришнинг 2020 — 2030 йилларга мўлжаллланган концепцияси (кейинги ўрینларда — Концепция) 1-иловага мувофиқ;

Ўзбекистон Республикаси сув хўжалигини ривожлантиришнинг 2020 — 2030 йилларга мўлжалланган концепциясида белгиланган вазифаларни 2020 — 2022 йилларда амалга ошириш бўйича «Йўл харита»си 2-иловага мувофиқ тасдиқлансан.

2. Қүйидагилар Концепциянинг устувор йўналишлари этиб белгилансин:

сув ресурсларини прогнозлаштириш, уларнинг ҳисобини юритиш ва маълумотлар базасини шакллантириш тизимини такомиллаштириш ҳамда шаффоғлигини таъминлаш;

сув хўжалиги объектларини (ичимлик ва оқова сув тизимидан ташқари) модернизация килиш ва ривожлантириш, йирик сув хўжалиги объектларини бошқаришни рақамли технологиялар асосида автоматлаштириш, электр энергияси ва бошқа ресурсларни тежайдиган замонавий технологияларни кенг жорий килиш, соҳага хорижий инвестицияларни кенг жалб килиш ҳамда ажратилаётган маблағлардан мақсадли ва самарали фойдаланишни таъминлаш;

сув омборлари, сел-сув омборлари ва бошқа сув хўжалиги объектларининг хавфсизлигини ҳамда ишончли ишлашини таъминлаш;

сув ресурсларини бошқариш тизимини такомилластириш, сувдан фойдаланиш ва сув истеъмоли ҳисобини юритишда «Smart Water» («Ақлли сув») ва шу каби рақамили технологияларни жорий килиш:

кишлоп хўжалиги экинларни етиштиришда сув тежовчи суғориш технологияларининг жорий килинишини

янада кенгайтириш ва давлат томонидан рағбатлантириб бориш, ушбу соҳага хорижий инвестициялар ва грантларни жалб килиш:

сүфориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш ва барқарорлигини таъминлаш, ерларнинг унумдорлигини оширишга кўмаклашиш, туроқнинг шўрланиш даражасини пасайтириш ва унинг олдини олиш бўйича самарали технологияларни кўллаш;

самарали технологияларни күлгүш, сув хўжалигида бозор иктисадиёти тамойилларини, жумладан сувни етказиш харажатларининг бир қисмини босқичма-босқич сув истеъмолчилари томонидан қоплаш тизимини жорий қилиш, тушган маблағларни сув хўжалиги обьектларини ўз вақтида сифатли таъмирлаш-тиклаш, рақамли технологияларни жорий қилиш ҳамда самарали бошқаришга йўналтириш;

сув хўжалигда давлат-хусусий шериклик ва аутсорсингни жорий этиш, алоҳида сув хўжалиги объектларини фермер, кластер ва бошқа ташкилотларга фойдаланиш учун бериш ҳамда тежалган маблағларни сув хўжалиги объектларини модернизация қилиш ва ходимлар меҳнатига ҳак тўлаш ва рағбатлантиришга йўналтириш;

сув ресурсларини интеграциялашган холда бошқариш тамойилларини жорий қилиш, ахолини сув билан кафолатли таъминлаш, иктисадиёт тармоқларига сувни барқарор етказиб бериш, сувнинг сифатини яхшилаш ва атроф-муҳитнинг экологик мувозанатини сақлаш;

трансчегаравий сув ресурсларидан фойдаланиш масалалари бўйича давлатлараро муносабатларни ривожлантириш, Марказий Осиё мамлакатлари манфаатлари ўртасидаги мувозанатни таъминлайдиган сув ресурсларини биргалиқда бошқаришнинг ўзаро мақбул механизмларини ва сувдан самарали фойдаланиш дастурларини ишлаб чиқиши хамда илгари суриш;

сув хўжалиги соҳаси учун малакали кадрларни тай-  
ёрлаш, ходимларнинг малакасини ошириш тизимини  
такомиллаштириш, таълим, илм-фан ва ишлаб чиқариш  
соҳалари ўртасидаги ўзаро ҳамкорликни ривожлантириш  
ҳамда илм-фан ютуқлари ва ноу-хауларни ишлаб чиқа-  
ришга жорий қилиш.

Концепцияни унинг устувор йўналишлари ва тегишли даврга мўлжалланган мақсадли параметрлари ва кўрсаткичларидан келиб чиқиб, ҳар уч йилда тасдиқланадиган Ўзбекистон Республикаси сув хўжалигини ривожлантириш стратегиялари орқали босқичма-босқич амалга ошириш белгилаб қўйилсин.

3. Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазирлиги Концепцияда белгиланган устувор йўналишларни амалга ошириш орқали 2030 йилга қадар куйидаги кўрсаткичларга эришишни таъминласин:

сугориш тизимларининг фойдали иш коэффициенти-  
ни 0,63 дан 0,73 гача ошириш;

сув таъминоти паст даражада бүлгэн сүгориладиган ер майдонларни 560 минг гектардан 190 минг гектаргача камайтириш;

шўрланган суғориладиган ер майдонларини 226 минг гектарга камайтириш;

Сув хўжалиги вазирлиги тизимидағи насос станцияларининг йиллик электр энергияси истеъмолини 25 фоизга камайтириш;

барча ирригация тизими объектларига «Smart Water» («Ақлли сув») сув ўлчаш ва назорат қилиш қурилмалари ўрнатилиб, сув ҳисобини юритишида рақамли технологияларни жорий этиш;

100 та йирик сув хўжалиги объектларида сувни бошқариш жараёнларини автоматлаштириш;

қишлоқ хўжалиги экинларини суғоришда сувни тежайдиган технологиялар билан қамраб олинган ерларнинг умумий майдонини 2 млн гектаргача, шу жумладан томчилик сувориш технологиясини 600 минг гектаргача етказиш;

сув хўжалигида давлат-хусусий шериклик тамойиллари асосида 50 та лойиҳани амалга ошириш.

4. Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазирлиги:

а) бир ой муддатда мазкур Фармонда назарда тутилган вазифаларнинг тўлиқ ва ўз муддатида бажарилишини таъминлаш мақсадида Сув хўжалиги тизимидағи республика бюджетидан молиялаштириладиган ташкилотларга ажратилган умумий чекланган ходимлар сони доирасида 4 та штат бирлигидан иборат масъул бошқарма ташкил этсин ҳамда хорижий эксперталар жалб этилишини таъминласин.

Хорижий эксперталарни жалб этиш вазирликнинг бюджетдан ташқари ҳамда халқаро молия институтларининг грант ва техник кўмак маблағлари ҳисобидан амалга ошириши белгилансин;

б) сув хўжалигини ривожлантириш лойиҳаларини шаклантиришда халқаро молия институтлари ва хорижий ҳукумат молия ташкилотларидан маблағ жалб этишида давлат ташқи қарзи учун ўрнатиладиган йиллик меъёрлар доирасида белгиланган тартибида таклифларни киритиб борсин;

в) халқаро молия институтлари ва хорижий ҳукумат молия ташкилотларидан жалб қилинган маблағлар ҳисобига амалга оширилаётган лойиҳалар самарадорлиги бўйича ҳар ой якуни бўйича Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасига ахборот киритиб борсин.

5. Қишлоқ хўжалиги экин ерларини ўз балансига олган кластерларга ушбу ерларда жойлашган сув хўжалиги объектларини бошқариш йўналишидаги Сув хўжалиги вазирлигининг функцияларини қишлоқ хўжалиги ер эгаларига давлат-хусусий шериклик шартлари асосида ўтказиш тўғридан-тўғри музокаралар асосида амалга оширилишига руҳсат берилсин.

Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазирлиги Ўзбекистон Республикаси Молия вазирлиги ҳузуридаги давлат-хусусий шерикликни ривожлантириш агентлиги билан биргаликда уч ой муддатда Сув хўжалиги вазирлиги балан-

сида бўлган сув хўжалиги объектларини давлат-хусусий шериклик шартлари асосида хусусий секторга бериш бўйича объектлар рўйхатини Вазирлар Маҳкамасига киритсан.

6. Белгилансинки, Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазирлиги тизимидағи насос станцияларининг электр энергияси истеъмолини босқичма-босқич камайтириш ҳамда сув хўжалигида бозор иқтисодиёти тамойилларини, аутсорсинг ва давлат-хусусий шериклик механизмларини жорий этиш ҳисобидан тежаладиган маблағлар сув иншоотларини модернизация қилиш, сув хўжалиги ташкилотларининг моддий-техника базасини такомиллаштириш ва ходимларнинг ойлик иш ҳақини босқичма-босқич ошириша йўналтирилади.

7. Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазирлиги Олий ва ўрта маҳсус таълим вазирлиги ҳамда Молия вазирлиги билан биргаликда 2020 йил 1 октябрга қадар сув хўжалиги тизимидағи раҳбар ва мутахассис ходимларнинг малакасини ошириш тизимини такомиллаштириш бўйича Вазирлар Маҳкамасига таклиф киритсан, бунда:

узлуксиз малака ошириш жараёнларини ташкил этиш шакллари, тартиби ва босқичларини, шунингдек, молиялаштириш манбанини аниқ белгилаш;

сув хўжалиги раҳбар ходимларини узлуксиз равишда малакасини ошириб бориш ва аттестациядан ўтказиш, уларга мунтазам равишда касбий ўзини ўзи ривожлантириб бориш имкониятини берувчи узлуксиз малака ошириш тизимини амалиётга жорий этиш мезонлари инобатга олинсан.

8. Ўзбекистон Республикаси Олий Мажлиси палаталари:

Концепциянинг ўз вақтида ва самарали ижро этилиши устидан парламент ва жамоатчилик назоратини ўрнатиш;

амалга оширилган ишлар тўғрисида вазирликлар ва идоралар ҳамда Қорақалпоғистон Республикаси Вазирлар Кенгаши, вилоятлар ҳокимларининг ахборотларини ҳар чорақда Сенат, Қонунчилик палатаси ва тегишлича Қорақалпоғистон Республикаси Жўқорги Кенгеси ҳамда халқ депутатлари вилоят Кенгашларининг мажлислиарида эшитиб борилишини таъминлаш тавсия этилсин.

9. Ўзбекистон Миллий ахборот агентлиги ва Ўзбекистон Миллий телерадиокомпанияси Сув хўжалиги вазирлиги билан биргаликда ушбу Фармон мазмун-моҳияти ҳамда мақсад ва вазифаларининг оммавий ахборот воситалирида кенг ёритилишини таъминласин.

10. Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазирлиги манфаатдор вазирлик ва идоралар билан биргаликда икки ой муддатда қонун ҳужжатларига ушбу Фармондан келиб чиқадиган ўзгартириш ва қўшимчалар тўғрисида Вазирлар Маҳкамасига таклифлар киритсан.

11. Мазкур Фармоннинг ижросини назорат қилиш Ўзбекистон Республикаси Бош вазирининг аграр ва озиқ-овқат соҳаларини ривожлантириш масалалари бўйича ўринбосари Ў.И. Барноев зиммасига юклансин.

**Ўзбекистон Республикаси  
Президенти**

**Ш. Мирзиёев**

Тошкент шаҳри  
2020 йил 10 июль,  
ПФ-6024-сон

# ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ВАЗИРЛАР МАҲҚАМАСИННИГ 2020 ЙИЛ 11 АВГУСТДАГИ "ЖИЗЗАХ ВА СИРДАРЁ ВИЛОЯТЛАРИДА СУВ РЕСУРСЛАРИДАН САМАРАЛИ ФОЙДАЛАНИШ ВА ЕРЛАРНИНГ МЕЛИОРАТИВ ҲОЛАТИНИ ЯХШИЛАШ БҮЙИЧА КЕЧИКТИРИБ БЎЛМАЙДИГАН ЧОРА-ТАДБИРЛАР ТҮҒРИСИДА" ГИ ПҚ-4801-СОНЛИ ҚАРОРИ



**С**ўнгги уч йил мобайнида ирригацияни ривожлантириш ва суфориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш давлат дастурлари доирасида Жиззах ва Сирдарё вилоятларида 170,4 км ирригация тизимлари каналлари, 145,2 км лоток тармоқлари, 33 та гидротехник иншоотлар, 734 км коллектор-дренаж тармоқлари ҳамда бошқа сув хўжалиги обьектлари қурилди ва реконструкция килинди.

Натижада 104 минг гектардан ортиқ суфориладиган ерларнинг сув таъминоти яхшиланди, кучли ва ўртача шўрланган майдонлар 15,6 минг гектарга камайди, сизот сувлар сатҳи ер юзасига яқин жойлашган майдонлар 28,6 минг гектарга қисқарди, 85 минг гектардан ортиқ майдоннинг мелиоратив ҳолатини барқарор сақлашга эришилди.

Шунга қарамасдан, Жиззах ва Сирдарё вилоятларида 93,4 минг гектар суфориладиган ерларнинг сув таъминоти паст даражада қолмоқда, 109 минг гектар суфориладиган майдонлар ўртача ва кучли шўрланган.

«Сардоба» сув омбори тўғонидан сув тошиши оқибатида Сардоба, Оқолтин ва Мирзаобод туманларидағи аксарият сув хўжалиги обьектлари, шунингдек «Марказий Мирзачўй» коллектори ва унга қуюлувчи коллекторлар жиддий талафот кўрди.

Жиззах ва Сирдарё вилоятларида суфориладиган ер майдонларини сув билан ишончли таъминлаш, сувни тежайдиган суфориш технологияларини кенг жорий қилиш, ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш ҳамда илмфан янгиликларини ишлаб чиқаришга кенг жорий этиш ва илғор ўқитиш услубларини кўллаш мақсадида:

## 1. Қўйидагилар:

2020 — 2023 йилларда Жиззах ва Сирдарё вилоятларида ирригация ва мелиорация обьектларини қуриш, реконструкция қилиш ҳамда мелиорация обьектларини таъмирлаш бўйича манзилли рўйхатлар 1 ва 2-иловаларга мувофиқ;

2020 — 2023 йилларда Жиззах ва Сирдарё вилоятларида маҳаллий бюджет маблағлари ҳисобидан ирригация тизимларини таъмирлаш ва тиклаш ишларининг прогноз кўрсаткичлари 3 ва 4-иловаларга мувофиқ;

2020 — 2023 йилларда Жиззах ва Сирдарё вилоятларида сув истеъмолчилари уюшмалари, кластерлар ҳамда фермер хўжаликларининг ўз маблағлари ҳисобидан суфориш тармоқларини таъмирлаш ва тиклаш ишларининг прогноз кўрсаткичлари 5 ва 6-иловаларга мувофиқ;

2020 — 2023 йилларда Жиззах ва Сирдарё вилоятларида сув тежовчи суфориш технологияларини жорий қилишнинг прогноз кўрсаткичлари 7 ва 8-иловаларга мувофиқ;

Жиззах ва Сирдарё вилоятларидағи сув хўжалиги обьектларини бошқариш, сувни ҳисобга олиш ва мониторинг юритишида рақамли технологияларни жорий қилиш прогноз кўрсаткичлари 9 ва 10-иловаларга мувофиқ;

Жиззах ва Сирдарё вилоятларидағи суфориш ва дренаж қудуклари ҳамда мелиоратив обьектларда сувни назорат қилиш бўйича рақамли технологияларни жорий қилишнинг прогноз кўрсаткичлари 11 ва 12-иловаларга мувофиқ тасдиқлансан.

Сув хўжалиги вазири, Жиззах ва Сирдарё вилоятлари ҳамда туманлар ҳокимларига мазкур қарорда белгиланган тадбирларнинг ўз вақтида ва сифатли амалга оширилиши бўйича шахсий жавобгарлик юклансин.

2. Мазкур қарорнинг 1 ва 2-иловаларидағи лойиҳалар, шунингдек 3 ва 4-иловаларида белгиланган прогноз кўрсаткичлари доирасида амалга ошириладиган лойиҳалар:

ҳар бир лойиҳанинг натижадорлиги ва мақсадга мувофиқлигидан келиб чиқиб, тегишли лойиҳа ҳужжатлари асосида амалга оширилади;

қиймати базавий ҳисоблаш миқдорининг олти минг бараваридан ортиқ бўлган ҳар бир лойиҳанинг лойиҳа-смета ҳужжатлари ишлаб чиқилгандан сўнг Жиззах ва Сирдарё вилоятлари ва туманлар ҳокимликлари, Сув хўжалиги вазирлиги, Қишлоқ хўжалиги вазирлиги, Ўзбекистон фермер, дехқон хўжаликлари ва томорқа ер эгалари кенгаши, сув истеъмолчилари уюшмалари ва бошқа манбаатдор ташкилотлар иштироқида ҳамда мустақил экспертларни жалб этган ҳолда муҳокама этилади ва уларнинг ижобий хуносаси асосида белгиланган тартибида амалга оширилади.

3. Иқтисодий тараққиёт ва камбағалликни қисқартириш вазирлиги, Молия вазирлиги, Сув хўжалиги вазирлиги:

мазкур қарорнинг 1 ва 2-иловаларига кўра 2020 йилда амалга ошириладиган лойиҳаларни 2020 — 2022 йилларга мўлжалланган Инвестиция дастурининг 2020 йил учун тасдиқланган параметрлари доирасида ҳамда Молия вазирлиги ҳузуридаги Инқирозга қарши курашиб жамғармаси маблағлари ҳисобига амалга оширсин, келгуси йиллар учун асосий кўрсаткичларни аниқлаштириб ва янгилаш борганд ҳолда Инвестиция дастурини шакллантириш жараёнида инобатга олсин;

Давлат бюджетининг 2020 йил параметрлари доирасида мазкур қарорнинг 7 — 12-иловаларидағи 2020 йил учун белгиланган чора-тадбирларни амалга оширсин, 2021 — 2023 йиллар учун белгиланган тадбирларни келгуси йиллар Давлат бюджети кўрсаткичларида ўрнатилган тартибида назарда тутсин.

## 4. Жиззах ва Сирдарё вилоятлари ҳокимликлари:

мазкур қарорнинг 3 ва 4-иловаларида белгиланган прогноз кўрсаткичларининг бажарилиши учун талаб этиладиган маблағларни маҳаллий бюджет ҳисобидан ажратиб борсин;

мазкур қарорнинг 5 ва 6-иловаларида белгиланган прогноз кўрсаткичларининг бажарилишида сув истеъмолчилари уюшмалари, кластерлар ҳамда фермер хўжаликларига кўмаклашсин.

5. Сув хўжалиги вазирлиги, Жиззах ва Сирдарё вилоятлари ҳокимликлари:

мазкур қарорнинг 1 ва 2-иловаларига мувофиқ тасдиқланган манзилли рўйхатлар, шунингдек 3 ва 4-иловаларига мувофиқ тасдиқланган прогноз кўрсаткичлари доирасида объектларнинг лойиҳа-смета ҳужоатлари ўз вақтида ва сифатли ишлаб чиқилишини, бош пудрат ташкилотларининг тендер (танлов) савдолари асосида аниқланишини ҳамда қурилиш ишларининг амалга оширилишини ташкил қиласин ва қатъий назоратга олсин;

объектларнинг лойиҳа-смета ҳужоатларини тайёрлашда, тендер танловларини ўтказиш жараёнларида шаффофликни таъминлаш ҳисобига объектларнинг қийматини мақбуллаштириш чораларини кўрсин;

ложиҳаларни амалга ошириш доирасида зарур асбоб-ускуна, хом ашё, бутловчи буюмлар ҳамда қурилиш материалларининг маҳаллий ишлаб чиқарувчилардан ҳарид қилинишини таъминласин (мамлакатимизда ишлаб чиқарилаётган маҳсулотлар учун);

энергия тежамкор технологияларни қўллаш ҳамда объексларни қуриш ва реконструкция қилиш ишларига маҳаллий пудрат ташкилотларини кенг жалб қилишга алоҳида эътибор қаратсан.

6. Ўзбекистон Республикаси Боз вазирининг ўринбосари Ў.И. Барноевга тасдиқланган ирригация ва мелиорация объектларини қуриш ва реконструкция қилиш ҳамда таъмиглаш-тиклиш ишлари лойиҳаларининг манзилли рўйхатларига зарур ҳолларда кўшимча ва ўзгартиришлар киритиш хукуқи берилсин.

7. 2021 йилдан бошлаб ирригация ва мелиорация объектларини қуриш, реконструкция қилиш ҳамда мелиорация объектларини таъмиглаш ва тикилаш бўйича устувор лойиҳаларни танлаш ва амалга оширишнинг шундай тартиби ўрнатилсинки, унга кўра:

устувор лойиҳалар бўйича таклифлар сув хўжалиги, қишлоқ хўжалиги, геология, ер тузиш ва лойиҳа ташкилотлари мутахассислари ҳамда мустақил эксперталар, шунингдек манфаатдор фермер ва кластерлар иштирокида жойида ҳар бир ҳудуднинг сув таъминоти, ерларнинг мелиоратив ҳолати ва бошқа ўзига хос хусусиятларини инобатга олган ҳамда муаммолар таҳлилини қилган ҳолда маҳаллий давлат ҳокимияти органлари билан биргаликда шакллантирилади;

устувор лойиҳалар бўйича таклифлар Қорақалпоғистон Республикаси Жўқорғи Кенгеси ва вилоятлар ҳалқ депутатлари Кенгашларида муҳокама қилинади ва маъқуллангандан сўнг белгиланган тартиба амалга оширилади;

ҳар бир лойиҳанинг амалга оширилиши ҳолати тегиши ҳалқ депутатлари маҳаллий Кенгашларидағи партия гурухлари томонидан назорат қилиб борилади.

8. Белгилансинки, мазкур қарорнинг 1 ва 2-иловаларида назорада тутилган ирригация ва мелиорация объектларини қуриш ва реконструкция қилиш лойиҳаларига Ўзбекистон Республикаси Давлат бюджетидан ажратиладиган маблағларнинг 3 фоизигача бўлган қисми тузиладиган шартномалар асосида ушбу лойиҳаларни илмий-техник жиҳатдан таъминлаш учун йўналтирилади.

Мазкур лойиҳаларга бириктирилган илмий ходимлар тегиши олий таълим муассасаларининг докторант, магистрант ҳамда иқтидорли талабаларини жалб қилган ҳолда:

ложиҳаларни амалга оширишнинг энг муқобил йўлини танлаш ва техник топшириқларни ишлаб чиқиша иштирок этади;

объектларнинг лойиҳаолди бирламчи ҳужоатларини тайёрлашда иштирок этади;

бош лойиҳа ташкилоти томонидан тақдим қилинган лойиҳа-қидирив ишлари, материаллар ва ҳисоб-китобларни ҳамда қабул қилинаётган технологик ечимларни илмий-техник жиҳатдан асосланганлигини, замонавий қурилиш материаллари, ресурс тежамкор технологиялар ва техникнинг қўлланилишини таҳлил қиласи, тегиши хуносалар ва таклифлар тайёрлади;

қурилиш ишларининг тасдиқланган лойиҳа ҳужоатларига мувофиқ ва сифатли бажарилишини илмий-техник жиҳатдан таъминлаб боради;

қурилиши якунланган объектларни белгиланган тартибда фойдаланишга топширишда иштирок этади ва бу юртмачига ўзининг хуносасини беради.

9. Ирригация ва мелиорация объектларини қуриш ва реконструкция қилиш лойиҳаларини илмий-техник жиҳатдан таъминлаш бўйича Ишчи гуруҳ таркиби (кейинги ўринларда — Ишчи гуруҳи) 13-иловага мувофиқ тасдиқлансан.

Ишчи гуруҳига (Ў.П. Умурзаков) мазкур қарорнинг 1 ва 2-илovalariда назорада тутилган ирригация ва мелиорация объектларини қуриш ва реконструкция қилиш лойиҳаларини илмий-техник жиҳатдан таъминлаш юқлатилсан. Бунда, Ишчи гуруҳининг вазифалари этиб қўйидагилар белгилансин:

мазкур қарорнинг 1 ва 2-илovalariда келтирилган илмий ходимлар томонидан лойиҳаларни илмий-техник жиҳатдан таъминлашни ташкил этиш ва уларнинг фаолиятини мувофиқлаштириш;

ҳар бир лойиҳанинг ўзига хослиги ва хусусиятидан келиб чиқиб, ресурс тежамкор ва ахборот технологиялари қўлланилиши бўйича хуносаси ва тавсиялар ишлаб чиқиш;

бириктирилган илмий ходимларнинг таклифларини умумлаштирган ҳолда сув хўжалиги соҳасига илм-фан ютуқларини, сувни тежовчи технологиялар ва илғор тажрибаларни, сув хўжалиги ва сувдан фойдаланиш тизимини бошқаришнинг инновацион усусларини жорий қилиш бўйича илмий ва услубий тавсиялар ишлаб чиқишни ташкил қилиш;

сув хўжалиги лойиҳаларини илмий-техник жиҳатдан таъминлаш бўйича Жиззах ва Сирдарё вилоятлари таърибасини бошқа турдош олий таълим муассасаларини жалб этган ҳолда республиканинг бошқа ҳудудларида ҳам жорий қилиш бўйича таклифлар ишлаб чиқиш.

10. 2020/2021 ўкув йилида Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институтида (кейинги ўринларда — Институт) таҳсил олаётган талабаларнинг ёзги малакавий-ишлаб чиқариш амалиёти эксперимент тариқасида Жиззах ва Сирдарё вилоятларида қўйидаги тартиба ташкил қилинсан:

а) талабаларнинг ёзги малакавий-ишлаб чиқариш амалиёти Сув хўжалиги вазирлиги томонидан Инститut билан келишилган ҳолда тасдиқланган жадвал ва дастур асосида ихтисослашган кафедраларнинг профессор-ўқитувчилари раҳбарлигига мазкур қарорнинг 1 — 4-илovalariда назорада тутилган объектларда, шунингдек буюртмачи, пудратчи ва сув хўжалиги эксплуатация ташкилотларида ўтказилади;

б) малакавий-ишлаб чиқариш амалиётини ташкил қилишда:

Олий ва ўрта маҳсус таълим вазирлиги Сув хўжалиги вазирлиги ҳамда маҳаллий давлат ҳокимияти органлари билан биргаликда талабаларни ҳудудларга олиб боради, жойлаштиради ва зарур шароитларни яратади;

лойиҳаларнинг буюртмачиси, бош пудратчи ва сув хўжалиги эксплуатация ташкилотлари талабаларни қурилиш ва сув хўжалиги обьектларига даврий равиша олиб чиқади, уларга лойиҳа-смета ва қурилиш назорати ҳужжатларидан фойдаланишига ҳамда замонавий қурилиш ва сувни оқилона бошқариш услублари, техникиси ва технологияларини чукур ўрганишлари учун амалий шароит яратади.

11. Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти талабаларининг 2020/2021 ўкув йилида ёзги малакавий-ишлаб чиқариш амалиётини ўташ даврида Жиззах ва Сирдарё вилоятларида амалга ошириладиган ирригация ва мелиорация обьектларини қуриш ва реконструкция қилиш ҳамда таъмирлаш-тиклиш лойиҳаларида иштироқини таъминлаш жадвали 14-иловага мувофиқ тасдиқлансан.

Сув хўжалиги вазирлиги Олий ва ўрта маҳсус таълим вазирлиги билан биргалиқда Сув хўжалиги вазирлиги таъсаруфидаги Дўстлик Сув хўжалиги ва мелиорация коллежи ҳамда Гулистон давлат университети хузуридаги Оқолтин саноат техникумидаги Институт талабаларининг ёзги малакавий-ишлаб чиқариш амалиётини ташкил қиласин.

12. Ўзбекистон Республикаси Бош вазирининг ўринбосари Ў.И. Барноев:

а) лойиҳаларни илмий-техник жиҳатдан таъминлаш бўйича:

мазкур қарорнинг 8-бандида назарда тутилган лойиҳаларни илмий-техник жиҳатдан таъминлашга маблағларни йўналтириб борсин;

ҳар чорақда Ишчи гурухининг таклиф ва тавсиялари асосида сув хўжалиги ташкилотларининг таълим ва илмий муассасалар билан ўзаро интеграциясини кучайтириш, илм-фан ютуқларини ва инновацион ишланмаларни амалиётга татбиқ қилиш чораларини кўриб борсин;

б) Институт талабаларининг ёзги малакавий-ишлаб чиқариш амалиётини мазкур қарорнинг 5-бандида назарда тутилган обьектларнинг қийматини мақбуллаштиришдан бўшайдиган маблағлар ҳамда 8-бандида назарда тутилган лойиҳаларни илмий-техник жиҳатдан таъминлаш учун йўналтириладиган маблағлар доирасида ташкиллаштирасин.

13. Сув хўжалиги вазирлиги Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлиги, Инновацион ривожланиши вазирлиги ва Молия вазирлиги билан биргалиқда 2021 йил 1 апрелга қадар сув хўжалиги обьектларини рақамли технологиялар асосида мониторинг қилиш бўйича дастурий таъминот ишлаб чиқилишини ва амалиётга татбиқ этилишини таъминласин.

14. Сув хўжалиги вазирлиги Иқтисодий тараққиёт ва камбағалликни қисқартириш вазирлиги, Молия вазирлиги, Жиззах ва Сирдарё вилоятлари ҳокимликлари ҳамда Ишчи гурухи билан биргалиқда соҳа олим ва мутахассисларини жалб қилган ҳолда икки ой муддатда «Марказий Мирзачўл» коллектори ва унга қуюлувчи коллекторлар тизимишнинг техник ҳолатини жойида ўрганиб, уларни тиклаш юзасидан комплекс чора-тадбирлар дастурини ишлаб чиқсин ва тасдиқлаш учун Вазирлар Маҳкамасига киритсан.

15. Инновацион ривожланиши вазирлиги Сув хўжалиги вазирлиги таклифига асосан соҳанинг мавжуд муаммоларини ва реал эҳтиёжларини ҳамда ҳудудий муаммоларнинг илмий ечимини таъминлашга қаратилган илмий тадқиқотларни амалга ошириш бўйича белгиланган тартибда танловлар ўтказсан.

16. Жиззах ва Сирдарё вилоятлари ҳокимликлари:

Пахтакор ҳамда Ховос туманларида илфор агрокластерларни жалб қилган ҳолда замонавий рақамли технологиялар асосида намунали автоматлаштирилган сувориш участкаларини ташкил қилиш чораларини кўрсисин. Бунда Сув хўжалиги вазирлиги, Қишлоқ хўжалиги вазирлиги, Фанлар академияси намунали участкаларни ташкил қилишда ҳар томонлама услубий ва амалий ёрдам кўрсатсан;

3 кун муддатда мазкур қарорни самарали ижро этишига доир масалаларни ҳалқ депутатлари вилоятлар ҳамда туман (шаҳар)лар Кенгашларида муҳокама қиласин ва тегишли қарор қабул қиласин.

17. Мазкур қарорнинг ижросини назорат қилиш Ўзбекистон Республикаси Бош вазирининг ўринбосари Ў.И. Барноев зиммасига юклансин.

Ушбу қарор натижадорлиги тўғрисида 2021 йил 1 января ва 1 июляда Ўзбекистон Республикаси Президентига ахборот берилсин.

**Ўзбекистон Республикаси  
Президенти**

**Ш. Мирзиёев**

Тошкент шаҳри  
2020 йил 11 август,  
ПҚ-4801-сон

