

ISSN: 2789-0953

2024 / №4 (4)



ЗАХИРАҶОИ ОБ, ЭНЕРГЕТИКА ВА ЭКОЛОГИЯ

Институти масъалаҳои об,
гидроэнергетика ва экологияи
Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон



www.majalla.imoge.tj

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЯ

Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии
Национальной академии наук Таджикистана

WATER RESOURCES, ENERGY AND ECOLOGY

Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology
of the National Academy of Sciences of Tajikistan

**МАҶАЛЛАИ ИЛМИИ
«ЗАХИРАҲОИ ОБ, ЭНЕРГЕТИКА ВА ЭКОЛОГИЯ»-И
ИНСТИТУТИ МАСЪАЛАҲОИ ОБ, ГИДРОЭНЕРГЕТИКА
ВА ЭКОЛОГИЯИ АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ
ИЛМҲОИ ТОҶИКИСТОН**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
«ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЯ»
ИНСТИТУТА ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ,
ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ И ЭКОЛОГИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ТАДЖИКИСТАНА**

**SCIENTIFIC JOURNAL
“WATER RESOURCES, ENERGY AND ECOLOGY” OF THE
INSTITUTE OF WATER PROBLEMS, HYDROPOWER
AND ECOLOGY OF THE NATIONAL
ACADEMY OF SCIENCES OF TAJIKISTAN**

2024

ТОМ 4

№ 4

ДУШАНБЕ

Сармуҳаррир – доктори илмҳои техники, дотсент Амирзода О.Х.
Муовини сармуҳаррир – номзади илмҳои техники, дотсент Курбонов Н.Б.

Ҳайати таҳририя:

Абдуллоев С.Ф. – доктори илмҳои физикаю математика;
Абдушукуров Ҷ.А. – номзади илмҳои физикаю математика;
Азизов Р.О. – доктори илмҳои техники, профессор;
Давлатшоев С.Қ. – номзади илмҳои техники;
Қодиров А.С. – номзади илмҳои техники;
Қориева Ф.А. – номзади илмҳои биология;
Муртазоев У.И. – доктори илмҳои география, профессор;
Носиров Н.Қ. – доктори илмҳои техники;
Пулатов Я.Э. – доктори илмҳои кишоварзӣ, профессор;
Расулов Р.Х. – доктори илмҳои техники, профессор (Ўзбекистон);
Сафаров М.М. – доктори илмҳои техники, профессор;
Степанова Н.Н. – номзади илмҳои техники;
Фазылов А.Р. – доктори илмҳои техники, профессор;
Ҳақдод М.М. – доктори илмҳои техники, профессор, узви вобастаи АМИТ;
Шаймуродов Ф.И. – номзади илмҳои техники.

*** **

Главный редактор – доктор технических наук, доцент Амирзода О.Х.

Заместитель главного редактора – кандидат технических наук, доцент Курбонов Н.Б.

Chief Editor – Doctor of Technical Sciences, Docent Amirzoda O.H.

Deputy chief editor – Candidate of Technical Sciences, Docent Kurbonov N.B.

Редакционная коллегия:

Абдуллаев С.Ф. – доктор физико-математических наук; Абдушукуров Дж.А. – кандидат физико-математических наук; Азизов Р.О. – доктор технических наук, профессор; Давлатшоев С.К. – кандидат технических наук; Кариева Ф.А. – кандидат биологических наук; Кодиров А.С. – кандидат технических наук; Муртазаев У.И. – доктор географических наук, профессор; Насыров Н.К. – доктор технических наук; Пулатов Я.Э. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; Расулов Р.Х. – доктор технических наук, профессор (Узбекистан); Сафаров М.М. – доктор технических наук, профессор; Степанова Н.Н. – кандидат технических наук; Фазылов А.Р. – доктор технических наук, профессор; Хақдод М.М. – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАНТ; Шаймуродов Ф.И. – кандидат технических наук.

Editorial team:

Abdullaev S.F. – Doctor of Physical and Mathematical Sciences; Abdushukurov J.A. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences; Azizov R.O. – Doctor of Technical Sciences, Professor; Davlatshoev S.K. – Candidate of Technical Sciences; Fazilov A.R. – Doctor of Technical Sciences, Professor; Karieva F.A. – Candidate of Biological Sciences; Khakdod M.M. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of NAST; Kodirov A.S. – Candidate of Technical Sciences; Murtazaev U.I. – Doctor of Geography, Professor; Nasirov N.K. – Doctor of Technical Sciences; Pulatov Ya.E. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor; Rasulov R.Kh. – Doctor of Technical Sciences, Professor (Uzbekistan); Safarov M.M. – Doctor of Technical Sciences, Professor; Shaymuradov F.I. – Candidate of Technical Sciences; Stepanova N.N. – Candidate of Technical Sciences.

Маҷалла моҳи марти соли 2021 таъсис ёфтааст. Маҷалла 28 майи соли 2024 таҳти №346/МҚ-97 дар Вазорати фарҳанги Ҷумҳурии Тоҷикистон ба қайд гирифта шудааст.

Журнал основан в марте 2021 года. Журнал зарегистрирован, 28 мая 2024 года под №346/МҚ-97, Министерством культуры Республики Таджикистан

The journal was founded in March 2021. The journal was registered on 28 May 2024, under №346/МҚ-97 by the Ministry of Culture of the Republic of Tajikistan.

Бо қарори Комиссияи олии аттестационии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 5 июли соли 2024, №239/м Маҷаллаи илми «Захираҳои об, энергетика ва экология» ба Феҳристи маҷаллаҳои (нашрияҳои) илми тақризшавандаи Ҷумҳурии Тоҷикистон ворид карда шуд.

По решению Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан от 5 июля 2024 года, №239/м Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» внесен в Список рецензируемых научных журналов (публикации) Республики Таджикистан.

By the decision of the Higher Attestation Commission under the President of the Republic of Tajikistan dated 5 July 2024, No.239/m, the Scientific Journal “Water Resources, Energetics and Ecology” was included in the List of peer-reviewed scientific journals (publications) of the Republic of Tajikistan.

МУНДАРИЧА ЗАХИРАҲОИ ОБ

Шарофиддинов С.С., Гулахмадов А.А., Раҳимзода А.С., Азизов З.Б. ТАҒЙИРЁБИИ БУЗУРГИҲОИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ ҲАВЗАИ ДАРЁИ ВАНЧ ДАР ШАРОИТИ ТАҒЙИРЁБИИ ИҚЛИМ	9
Пулатов Я.Э., Пулатов Ш.Я., Умарова Л.Д., Азизов Д.Н., Исаев Д.А., Раҳматов Э.Н., Эшонкулова З.У., Абдуллаева П.Н. НАЗАРИЯ ВА АМАЛИЯИ ИҶРОИ ПРИНСИПҲОИ ИДОРАКУНИИ ҲАМГИРОЁНАИ ЗАХИРАҲОИ ОБ	21
Давлятова А.Х. ДИНАМИКАИ БО МОРЕНА ПЎШИДАШАВИИ ПИРЯХИ ҚИЗИЛСУ	33
Кабутов Х.К., Амирзода О.Х., Шерализода Н.Ш., Mattea E., Saks T., Абдуллоева П.Н. МОДЕЛСОЗИИ МУВОЗИНАТИ МАССАИ ПИРЯХИ №139 ДАР ҲАВЗАИ КЎЛИ ҚАРОКУЛ, ПОМИРИ ШАРҚӢ БО ИСТИФОДАИ МОДЕЛИ SMB	41
Саидзода Х. ОМЎЗИШИ ПИРЯХҲОИ НАБЗОНИИ ҲАВЗАИ ДАРЁҲОИ ҚИРҒИЗОБ ВА ГАРМО БО УСУЛИ ФОСИЛАВИИ ЗОНДИРОНӢ	53
Сафаров М.С., Фазылов А.Р., Гулаёзов М.Ш., Наврӯзшоев Х.Д., Муродов М.Х. МОНИТОРИНГИ ДЕГЛЯТСИЯИ МУОСИРИ ПИРЯХИ ВАНЧЯХ (ФЕДЧЕНКО) ВА ДИНАМИКАИ КЎЛҲОИ НАЗДИПИРЯХӢ	65
Қаюмов А.Қ., Шомахмадов А.М., Сафаров М.Т. МУНОСИБАТИ БАЙНИ СЕЛҲҲОИ МУҚАРРАРӢ ВА ПИРЯХҲО БО ТАҒЙИРОТИ БУЗУРГИҲОИ МЕТЕОРОЛОГӢ	75
Шомахмадов А.М., Қаюмов А.Қ., Боқизода А.Б. НАҚШИ ПИРЯХҲОИ ҲАВЗАИ ДАРЁИ ЗАРАФШОН ДАР ТАШАККУЛИ ЗАХИРАҲОИ ОБ ВА ГИДРОЭНЕРГЕТИКИИ ВОДИИ ЗАРАФШОН	85
Сафаров М.Т., Қаюмов А.Қ., Шомахмадов А.М. АЛОҚАМАНДИИ ПАРАМЕТРҲОИ МЕТЕОРОЛОГӢ БО РЕҶАИ ГИДРОЛОГИИ ҲАВЗАҲОИ ДАРЁҲОИ ТОҶИКИСТОН ДАР ДАВРАИ ВЕГЕТАТСИОНИИ СОЛҲОИ 2018-2021	92
Абдусаматов М. ИСТИФОДАИ ТАҶҲИЗОТИ АВТОМАТИКУНОНИДА- ШУДАИ ЛЎЛАИ ПОЛИЭТИЛЕНӢ АШУ-4 ҲАНГОМИ ОБЁРИИ ЗИРОАТИ ПАХТА ВА САМАРАНОКИИ ИҚТИСОДИИ ОН	103
Азимов Ш.Ш., Петухов В.Н., Хасанов Т., Абдушукуров Д.А. ТАКМИЛИ ТАРҲИ ПРОФИЛЕРИ АКУСТИКИИ ДОПЛЕРИ ҲИСОБКУНАКИ ҶАРАЁНИ ОБ SONTEK RIVER SURVEYOR ADR БАРОИ ИСТИФОДА ДАР ДАРЁҲОИ ТОҶИКИСТОН	112

ЭНЕРГЕТИКА

Иноятова К.Л., Гулахмадов А.А., Холназаров М.Б. ШАРҲИ ИҚТИДОРИ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИИ ОСИЁИ МАРКАЗӢ	125
Зарипов Ҷ.А. ТАДҚИҚИ ФАЗАВӢ-РЕНТГЕНИИ ХУСУСИЯТҲОИ ДОНАЧАҲОИ ХОКАИ ОҲАКИ КОНИ ЧАМАНЗОР НОҲИЯИ ЁВONI ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН	136

Зарипов Дж.А., Сафаров М.М., Сафаров П.М. НАТИЧАҲОИ ОМЎЗИШИ БУЗУРГИҲОИ ФИЗИКИЮ ХИМИЯВӢ, ТЕРМОДИНАМИКӢ ВА КИНЕТИКИ ПЕРОКСИДИ ГИДРОГЕН + ОБ + СИСТЕМАИ ХОКАИ МАГНИТӢ	144
Сафаров П.М. ХОСИЯТҲОИ ГИДРАВЛИКӢ ВА ГАРМОФИЗИКИИ МАҲЛӮЛҲОИ ОБИ ДИМЕТИЛКЕТОН ВОБАСТА БА ҲАРОРАТ ВА ФИШОР	155
Сафаров П.М., Зарифзода М.А. (Зарипова М.А.), Файзова М.А. ТАЪСИРИ ЧАСПАКИИ МАҲЛӮЛҲОИ СИСТЕМАИ ОБ + ДИМЕТИЛКЕТОН БА ШОҲРОҲҲОИ КОНДЕНСАТИ МАРКАЗҲОИ БАҶҶУ ГАРМИДИҲӢ	165
ЭКОЛОГИЯ	
Қориева Ф.А., Боев М.Р., Эмомов К.Ф., Абдуллаева П.Н. МУШКИЛОТ ВА ОЯНДАИ ИСТИФОДАИ СТАНДАРТҲОИ ЭКОЛОГӢ ДАР ТОҶИКИСТОН	172
Муссе Смаила Рауфу, Абдусамиев Ф.Т., Баҳриев С.Ҳ., Давлатшоев С.Қ. КОРКАРДИ ПАРТОВҲОИ ОРГАНИКӢ ВА ҲИФЗИ МУҲИТ АЗ ИФЛОСШАВӢ ДАР ШАРОИТИ ИҚЛИМИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН	177
Саидов В.Я., Мирсаидзода И.У., Фазылов А.Р. ТАЪМИНИ МУҲАНДИСИИ АМНИЯТИ ЭКОЛОГИИ МУҲИТИ ЗИСТ ДАР МИНТАҚАИ ТАЪСИРИ ПАРТОВГОҲҲОИ РӮИЗАМИНӢ	183
Сосин П.М., Некушоева Г.А. ВАЪӢИ ЭКОЛОГИИ ЗАМИНҲОИ ОБӢРИШАВАНДАИ НОҲИЯИ ДӮСТӢ ВА УСУЛҲОИ ОПТИМАЛИИ ПАСТ КАРДАНИ ШӮРНОКИИ ОНҲО ДАР ШАРОИТИ НОРАСОИИ ОБ	195
Джураев Т.Д., Ҳақдод М.М., Газизова Э.Р., Тошев М.Т. НАҚШИ ОБ ҲАМЧУН МАВОДИ АСОСИИ ЗУҲУРОТИ ИРСӢ ДАР ТАБИАТИ ЗИНДА ВА ҒАЙРИЗИНДА	206
Набиев З.А, Шарифзода Ш.К., Амирзода О.Х. ТАРКИБИ МЕТАЛЛҲОИ ВАЗНИН ВА ИФЛОСИҲОИ ОРГАНИКӢ ДАР ОБҲОИ ПАРТОВИ САТҲӢ (дар мисоли шаҳри Душанбе)	212

СОДЕРЖАНИЕ ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Шарофиддинов С.С., Гулахмадов А.А., Рахимзода А.С., Азизов З.Б. ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БАССЕЙНА РЕКИ ВАНДЖ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА	9
Пулатов Я.Э., Пулатов Ш.Я., Умарова Л.Д., Азизов Д.Н., Исаев Д.А., Рахматов Э.Н., Эшонкулова З.У., Абдуллаева П.Н. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПОВ ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ (ИУВР)	21
Давлятова А.Х. ДИНАМИКА МОРЕННОГО ПОКРОВА ЛЕДНИКА КИЗИЛСУ	33
Кабутов Х.К., Амирзода О.Х., Шерализода Н.Ш., Mattea E., Saks T., Абдуллоева П.Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ БАЛАНСА МАССЫ ЛЕДНИКА №139 БАССЕЙНА ОЗЕРА КАРАКУЛЬ ВОСТОЧНОГО ПАМИРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ SMB	41
Саидзода Х. ИЗУЧЕНИЕ ПУЛЬСИРУЮЩИХ ЛЕДНИКОВ БАССЕЙНА РЕК КИРГИЗОБ И ГАРМО МЕТОДОМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ	53
Сафаров М.С., Фазылов А.Р., Гулаёзов М.Ш., Наврузшоев Х.Д., Муродов М.Х. МОНИТОРИНГ СОВРЕМЕННОЙ ДЕГЛЯЦИАЦИИ ЛЕДНИКА ВАНДЖАХ (ФЕДЧЕНКО) И ДИНАМИКИ ПРОГЛЯЦИАЛЬНЫХ ОЗЕР	65
Каюмов А.К., Шомахмадов А.М., Сафаров М.Т. СВЯЗЬ ОБЫЧНЫХ И ГЛЯЦИАЛЬНЫХ СЕЛЕЙ С ИЗМЕНЕНИЕМ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ	75
Шомахмадов А.М., Каюмов А.К., Бокизода А.Б. ВКЛАД ЛЕДНИКОВ БАССЕЙНА РЕКИ ЗЕРАВШАН В ФОРМИРОВАНИЕ ВОДНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ЗЕРАВШАНСКОЙ ДОЛИНЫ	85
Сафаров М.Т., Каюмов А.К., Шомахмадов А.М. СВЯЗЬ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ С ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ БАССЕЙНОВ РЕК ТАДЖИКИСТАНА ЗА ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД 2018-2021 ГГ.	92
Абдусаматов М. ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ШЛАНГОВОГО УСТРОЙСТВА АШУ-4 ПРИ ПОЛИВЕ ХЛОПЧАТНИКА И ЕГО ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ	103
Азимов Ш.Ш., Петухов В.Н., Хасанов Т.А., Абдушукуров Д.А. КОНСТРУКТИВНАЯ ДОРАБОТКА ПРОФИЛЕМЕРА/ РАСХОДОМЕРА RIVER SURVEYOR SONTEK ADP ДЛЯ РАБОТЫ В РЕКАХ ТАДЖИКИСТАНА	112
ЭНЕРГЕТИКА	
Иноятова К.Л., Гулахмадов А.А., Холназаров М.Б. ОБЗОР ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА СТРАН ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ	125

Зарипов Дж.А. РЕНТГЕНОФАЗОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРОШКОВОЙ ГРАНУЛИРОВАННОЙ ИЗВЕСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧАМАНЗОР ЯВАНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН	136
Зарипов Дж.А., Сафаров М.М., Сафаров П.М. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ, ТЕРМОДИНАМИ- ЧЕСКИХ И КИНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ПЕРОКСИД ВОДОРОДА + ВОДА + МАГНИТНЫЙ ПОРОШОК	144
Сафаров П.М. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСТВОРОВ СИСТЕМЫ ВОДА + ДИМЕТИЛКЕТОН В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ	155
Сафаров П.М., Зарифзода М.А. (Зарипова М.А.), Файзова М.А. ВЛИЯНИЕ ВЯЗКОСТИ РАСТВОРОВ СИСТЕМЫ ВОДА + ДИМЕТИЛКЕТОН НА КОНДЕНСАТНО-ПИТАТЕЛЬНЫЕ ТРАКТЫ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ	165
ЭКОЛОГИЯ	
Кариева Ф.А., Боев М.Р., Эмомов К.Ф., Абдуллаева П.Н. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ В ТАДЖИКИСТАНЕ	172
Муссе Смаила Рауфу, Абдусамиев Ф.Т., Бахриев С.Х., Давлатшоев С.К. ПЕРЕРАБОТКА ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН	177
Саидов В.Я., Мирсаидзода И.У., Фазылов А.Р. ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ХВОСТОХРАНИЛИЩА	183
Сосин П.М., Некушоева Г.А. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ РАЙОНА ДУСТИ И ОПТИМАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИХ РАССОЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДЫ	195
Джураев Т.Д., Хаклод М.М., Газизова Э.Р., Тошев М.Т. РОЛЬ ВОДЫ КАК МАТЕРИАЛЬНОЙ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ В ЖИВОЙ И НЕЖИВОЙ ПРИРОДЕ	206
Набиев З.А, Шарифзода Ш.К., Амирзода О.Х. СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОДАХ (на примере города Душанбе)	212

TABLE OF CONTENTS

WATER RESOURCES

Sharofiddinov S.S., Gulakhmadov A.A., Rakhimzoda A.S., Azizov Z.B. CHANGES IN HYDROMETEOROLOGICAL PARAMETERS OF THE VANJ RIVER BASIN UNDER CLIMATE CHANGE	9
Pulatov Ya.E., Pulatov Sh.Ya., Umarova L.D., Azizov D.N., Isaev D.A., Rakhmatov E.N., Eshonkulova Z.U., Abdullaeva P.N. THEORY AND PRACTICE OF IMPLEMENTING THE PRINCIPLES OF INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT (IWRM)	21
Davlyatova A.K. DYNAMICS OF MORAINE COVER OF KIZILSU GLACIER	33
Kabutov Kh.K., Amirzoda O.H., Sheralizoda N.Sh., Mattea E., Saks T., Abdulloeva P.N. MODELING THE MASS BALANCE OF GLACIER №139 OF THE EASTERN PAMIR LAKE KARAKUL BASIN USING THE SMB MODEL	41
Saidzoda Kh. STUDY OF SURGING GLACIERS OF THE KIRGHIZOB AND GARMO RIVER BASINS BY REMOTE SENSING METHOD	53
Safarov M.S., Fazilov A.R., Gulayozov M.Sh., Navruzshoev H.D., Murodov M.Kh. MONITORING OF MODERN DEGLACIATION VANJAKH GLACIER (FEDCHENKO) AND DYNAMICS OF PROGLACIAL LAKES	65
Kayumov A.K., Shomahmadov A.M., Safarov M.T. THE RELATIONSHIP OF ORDINARY AND GLACIAL MUDFLOWS WITH CHANGES IN METEOROLOGICAL PARAMETERS	75
Shomahmadov A.M., Kayumov A.K., Bokizoda A.B. THE CONTRIBUTION OF THE GLACIERS OF THE ZERAVSHAN RIVER BASIN TO THE FORMATION OF WATER AND ENERGY RESOURCES OF THE ZERAVSHAN VALLEY	85
Safarov M.T., Kayumov A.K., Shomahmadov A.M. RELATIONSHIP OF METEOROLOGICAL PARAMETERS WITH HYDROLOGICAL REGIME OF TAJIKISTAN RIVER BASINS DURING THE VEGETATION PERIODS 2018-2021	92
Abdusamatov M. ECONOMIC EFFICIENCY OF THE AUTOMATED HOSE DEVICE AHD-4 FOR IRRIGATION OF COTTON ALONG FURROWS	103
Azimov Sh.Sh., Petukhov V.N., Hasanov T.A., Abdushukurov D.A. MODIFICATION OF ACOUSTIC DOPPLER PROFILER / FLOWMETER SONTEK RIVER SURVEYOR ADP TAKEN INTO ACCOUNT THE SPECIFICS OF WATER RESOURCES OF TAJIKISTAN	112

ENERGY

Inoyatova K.L., Gulakhmadov A.A., Kholnazarov M.B. OVERVIEW OF HYDROPOWER POTENTIAL OF CENTRAL ASIAN COUNTRIES	125
Zaripov J.A. STUDY PHASE ANALYSIS OF THE STUDIED SAMPLE OF THE DEPOSIT OF THE VILLAGE OF CHAMANZOR, YAVAN DISTRICT, REPUBLIC OF TAJIKISTAN	136

Zaripov J.A. RESULTS OF THE STUDY OF PHYSICOCHEMICAL, THERMODYNAMIC AND KINETIC PARAMETERS OF THE SYSTEM HYDROGEN PEROXIDE + WATER + MAGNETIC POWDER	144
Safarov P.M. HYDRAULIC AND THERMOPHYSICAL CHARACTERISTICS OF WATER + DIMETHYLKETONE SYSTEM SOLUTIONS DEPENDING ON TEMPERATURE AND PRESSURE	155
Safarov P.M., Zarifzoda M.A. (Zaripova M.A.), Fayzova M.A. INFLUENCE OF VISCOSITY OF SOLUTIONS OF THE WATER + DIMETHYL KETONE SYSTEM ON CONDENSATE-FEED PATHS OF A COMBINED POWER PLANT	165
ECOLOGY	
Karieva F.A., Boev M.R., Emomov K.F., Abdullaeva P.N. PROBLEMS AND PROSPECTS OF APPLICATION ENVIRONMENTAL STANDARDS IN TAJIKISTAN	172
Musse Smaila Raufu, Abdusamiev F.T., Bahriev S.H., Davlatshoev S.K. PROCESSING OF ORGANIC WASTE AND ENVIRONMENTAL PROTECTION FROM POLLUTION IN THE CLIMATIC CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN	177
Saidov V.Y., Mirsaidzoda I.U., Fazilov A.R. ENGINEERING SUPPORT FOR ENVIRONMENTAL SAFETY IN THE INFLUENCE ZONE OF THE SURFACE TAILINGS DUMP	183
Sosin P.M., Nekushoeva G.A. ECOLOGICAL CONDITION OF IRRIGATED LAND IN THE DUSTI DISTRICT AND OPTIMAL METHODS FOR THEIR DESALINIZATION UNDER CONDITIONS OF WATER SCARCITY	195
Juraev T.D., Khakdod M.M., Gazizova E.R., Toshev M.T. THE ROLE OF WATER AS THE MATERIAL BASIS OF HERITAGE IN LIVING AND NON-LIVING NATURE	206
Nabiev Z.A., Sharifzoda Sh.K., Amirzoda O.Kh. CONTENT OF HEAVY METALS AND ORGANIC POLLUTANTS IN SURFACE WASTEWATER (using Dushanbe as a case study)	212

ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БАССЕЙНА РЕКИ ВАНДЖ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Шарофиддинов С.С.^{1,2}, Гулахмадов А.А.^{2,*}, Рахимзода А.С.³, Азизов З.Б.²

¹Агентство по гидрометеорологии Комитета по охране окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан

²Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана

³Национальный университет Таджикистана

*Автор-корреспондент. E-mail: agulakhmadov@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассмотрена динамика изменения водного стока р. Вандж за период 1940–2023, обнаружен убывающий тренд стока за весь срок наблюдения. Исторические гидрометеорологические наблюдения показали, что сток формируется за счёт таяния снежного покрова в июне и таяния ледников в августе. Период температурного наблюдения за 1951–2023 гг. показал изменяющийся тренд температуры с возрастающим характером со скоростью 0,3–1,3°C. По многолетним данным метеостанций Дарвоз и Хумроги за период 1951–2023 гг. среднегодовое количество атмосферных осадков сохранялось на уровне около 498 мм. Однако, анализ показал, что с 2000 по 2023 гг. наблюдается снижение осадков по сравнению с периодом 1951–1990 гг., что свидетельствует о наличии убывающего тренда. В настоящее время формирование стока реки Вандж в основном зависит от снежного покрова и небольших ледников, расположенных в бассейне. Зимний сток, в свою очередь, в значительной мере определяется поступлением подземных вод, что подчеркивает важность их роли в водоснабжении региона в зимний период.

Ключевые слова: Бассейн реки Вандж, верховья бассейна реки Пяндж, снег, температура, осадки, расход воды.

Введение

Изучение климатических изменений и их использование в водных ресурсах стало одной из важнейших тем научных исследований последних лет. Климатические изменения влияют на гидрологический цикл, доступность воды, качество и распределение водных ресурсов. Климатические изменения действительно играют ключевую роль в трансформации гидрологического цикла, что оказывает влияние на доступность, качество и распространение водных ресурсов. Основные аспекты, связанные с климатическими изменениями в водных ресурсах, включают изменение направления ветра, увеличение частоты и амплитуды волн в некоторых регионах может приводить к наводнениям, тогда как в других регионах — к засухам. Это обеспечивает баланс между притоком и расходом воды [1].

Гидрологический режим рек представляет собой закономерное чередование и изменение уровня воды, расходов, тем-

пературы и других характеристик реки в течение года. Эти изменения обусловлены климатическими условиями, географическим положением бассейна реки, а также человеческой деятельностью [2].

Водность года — это характеристика общего количества воды, проходящего через речное русло в течение года, обычно измеряемая в виде годового стока. Этот показатель отражает климатические, гидрологические и антропогенные факторы, влияющие на водный баланс реки [3]. Аналоговый метод в гидрометеорологии — это подход, при котором используется рассмотрение текущих или будущих климатических условий с историческими аналогами для оценки изменения параметров, таких как температура воздуха, осадки и сток. Этот метод основан на предположении, что в будущем могут повториться климатические условия, нынешние живущие с уже существовавшими в прошлом [4].

Статистические методы оценки многолетнего ряда наблюдений применяются для анализа временных данных, чтобы выявить закономерности, тенденции, сезонные колебания, изменения структуры, а также для прогнозирования и оценки вероятностей событий [5].

Река Вандж — одна из рек, расположенных в восточной части Таджикистана, на территории Горно-Бадахшанской автономной области. Она является притоком реки Пяндж (Пандж), которая, в свою очередь, входит в бассейн Амударьи. Река протекает через Ванджскую долину, окружённую высокими горами Памира. Эта долина известна своими живописными видами и суровой природой. Вдоль реки расположено несколько населённых пунктов, включая районный центр Вандж, который является административным центром одноимённого района. Вниз по течению разветвлённость уменьшается, и на 9 последних 17 км река протекает в одном русле. Пороги и водопады отсутствуют. В верхнем течении поймы нет, между селами Тахарн и Рохарв пойма имеется. Во время паводков почти вся пойма затопляется [6].

Половодье на реке Вандж, как и на большинстве рек с ледниково-снежным питанием в регионе Памира, наблюдается в летний период. Это связано с активным таянием снегов и ледников. Начало половодья обычно приходится на май, когда начинается интенсивное таяние снегов в горах. Пик половодья: июнь и июль, когда температура достигает максимума, что вызывает активное таяние ледников [7].

Ледовые образования на реке Вандж, как и на других реках в горных районах, образуются в зимний период, особенно в высокогорных частях Таджикистана, через которые течёт Вандж. В холодное время года в верховьях реки и её притоках могут образовываться ледяные покровы, которые постепенно расширяются по мере понижения температуры. Такие

ледяные образования особенно характерны для рек, протекающих в горных районах, где зимы суровы, а температура воздуха может значительно опускаться ниже нуля. Такие ледовые образования имеют важное значение для экосистемы региона, влияя на уровень воды в реке, а также на жизнь местных жителей и животных. Лёд может создавать препятствия для навигации и повседневного использования реки, а также может привести к наводнениям, если зимой ледяные заторы нарушаются с наступлением весны, когда начинается таяние льдов [8]. Задачами данного исследования является выявление изменения температуры, осадков и снежного покрова в бассейне реки Вандж за несколько десятилетий.

Материалы и методы исследования

Мутность реки Вандж меняется в зависимости от времени года, климатических условий и активности в верховьях реки. В начальных горных районах, где берётся река, она обычно имеет сравнительно чистую воду, однако в период сильных дождей или таяния снега в верховьях мутность может значительно рассеиваться. Это связано с тем, что в горных реках часто наблюдается большое количество взвешенных частиц, таких как песок, гравий и ил, которые поступают в воду при интенсивных осадках или водоотводах с тающим снегом.

Мутность воды действительно сильно зависит от сезонных изменений, таких как таяние снега в горных районах и сильных дождей, особенно весной и летом. Во время этого изменения мутность может значительно изменить свою прозрачность, становясь более мутной из-за большого количества взвешенных частиц, таких как песок, гравий, ил и другие осадочные материалы.

Таким образом, несмотря на то, что в начале пути река Вандж может иметь относительно чистую воду, её мутность увеличивается в периоды активного та-

яния снега или дождевых паводков. Эти природные процессы влияют на качество воды и могут влиять на экосистему, а так-

же на использование водных ресурсов в сельском хозяйстве [6].

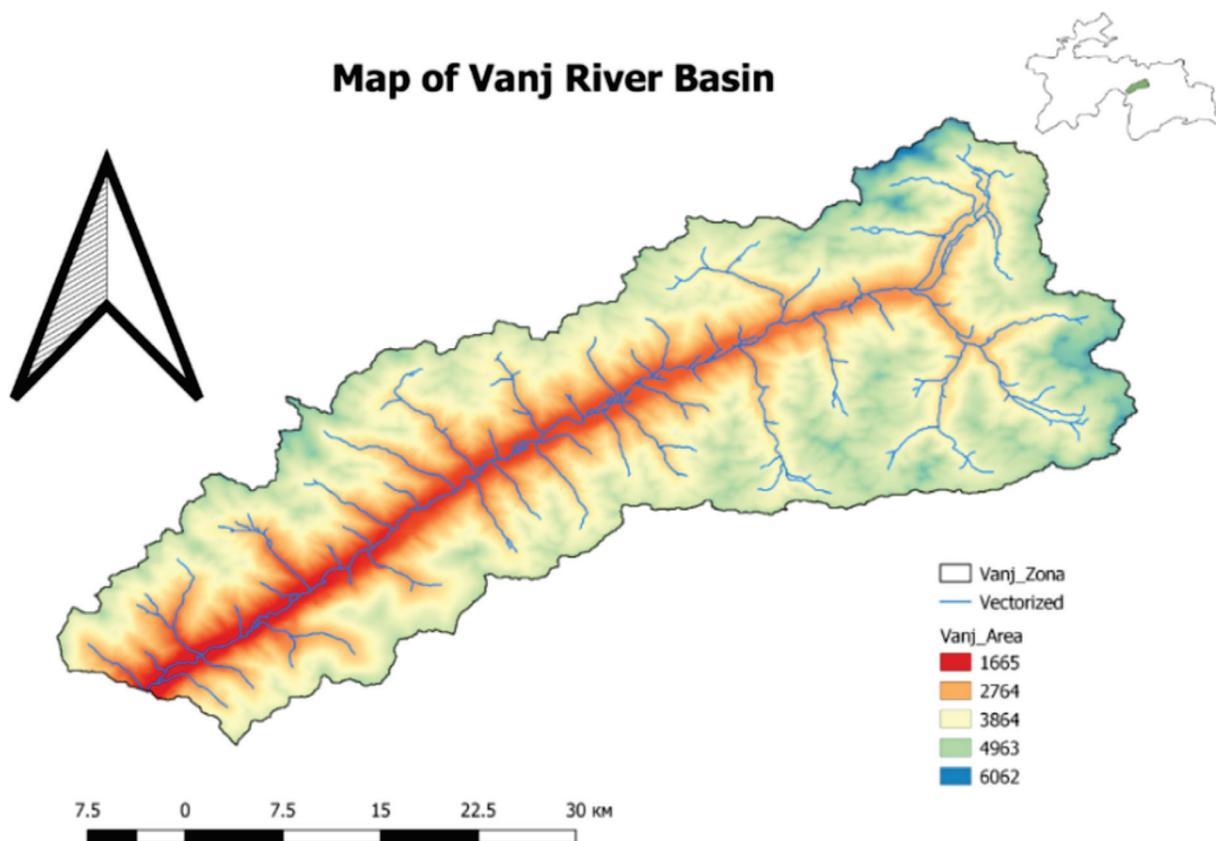


Рисунок 1. Бассейн реки Вандж в верховье бассейна реки Пяндж.

Для проведения анализа были использованы программное обеспечение MODSNOW и также статический метод анализа тренда в программе Excel. В работе получены и использованы несколько гидрометеорологических параметров, включая температуры, осадки, расходы воды и снежного покрова за исторический период (1940-2023).

Результаты исследования и их обсуждение

На основании данных станции бассейна Вандж наблюдается тенденция к повышению среднегодовых значений темпе-

ратуры воздуха за период с 1951 по 2023 годы. За последние 70 лет температура воздуха увеличилась на 0,3– 0,7°C. Это подтверждает устойчивое изменение климатических условий, особенно заметное в последние десятилетия.

Анализ данных метеостанции Дарвоз указывает на то, что наиболее значительное повышение температуры началось с середины 1990-х годов. За последние 30 лет температура на этой метеостанции выросла на 0,8 °C. Этот тренд подтверждает глобальное потепление, которое оказывает влияние на региональный климат.



Рисунок 2. Динамика многолетних значений температуры воздуха по данным метеостанции Дарвоз.

Как видно из рисунка 2 по данным метеостанции Дарвоз средние значения температуры воздуха за период 1951–

1970 гг. составляла 13,9°С. Рост температуры в период 1971–1990 гг. среднегодовая температура выросла до 14,2°С.

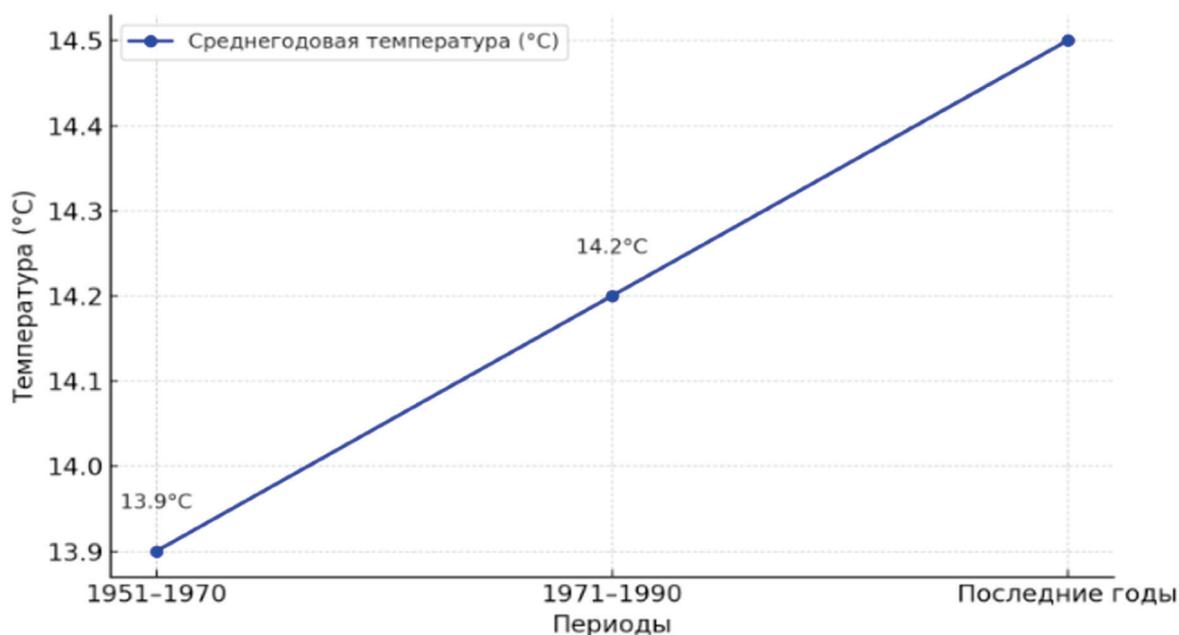


Рисунок 3. Среднегодовая температура станция Дарвоз.

Это свидетельствует об увеличении средней температуры на 0,3°С по сравнению с предыдущим периодом.

Текущая ситуация (последние годы), среднегодовая температура достигла 14,5°С и более. По сравнению с 1971–1990 гг. разница составила 0,3°С, а относительно 1951–1970 гг. — 0,6°С. Динамика

изменений температуры демонстрирует устойчивую тенденцию к росту, что может быть связано с глобальными изменениями климата. По метеостанции Хумроги изменение среднегодовых значений температуры воздуха за период с 1956 по 2023 годы было более значительно, чем по метеостанции Дарвоз (Рисунок 4).

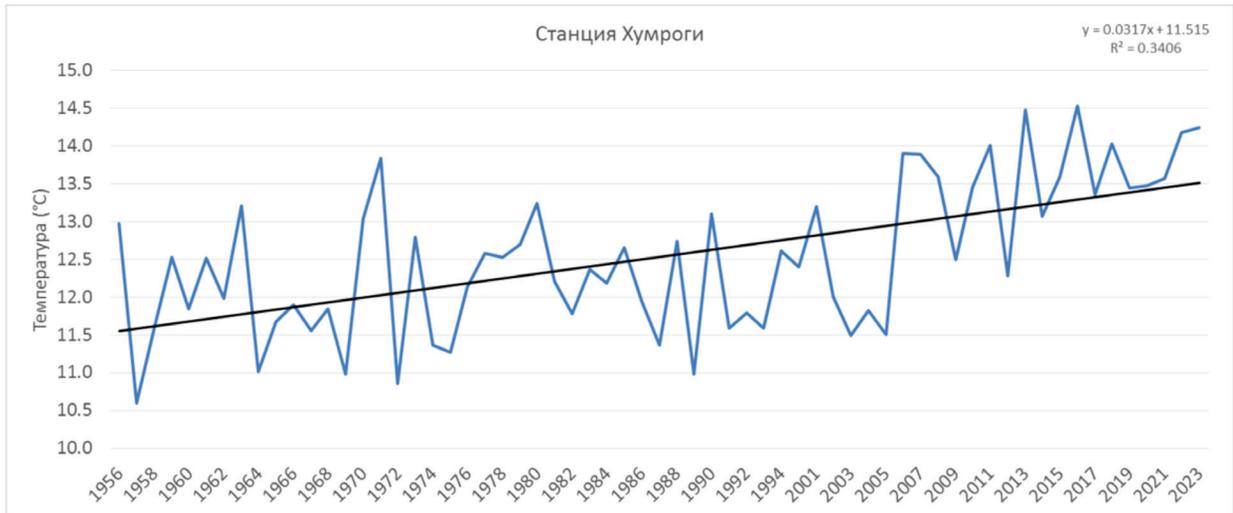


Рисунок 4. Динамика многолетних значений температуры воздуха по метеостанции Навабад.

На основании данных метеостанции Хумроги, в период с 1956 по 1976 гг. среднегодовая температура воздуха составляла 12°C. В последующие годы, с 1976 по 2002 гг., этот показатель увеличился до 12,3 °С, что свидетельствует о росте средней температуры на 0,3 °С по сравнению с предыдущим периодом.

В последние годы (2003–2023 гг.) среднегодовая температура продолжила увеличиваться, достигнув 13,3 °С и выше. Это означает рост на 1,0 °С относительно периода 1976–2002 гг. и на 1,3 °С по сравнению с базовым периодом 1956–1976 гг.

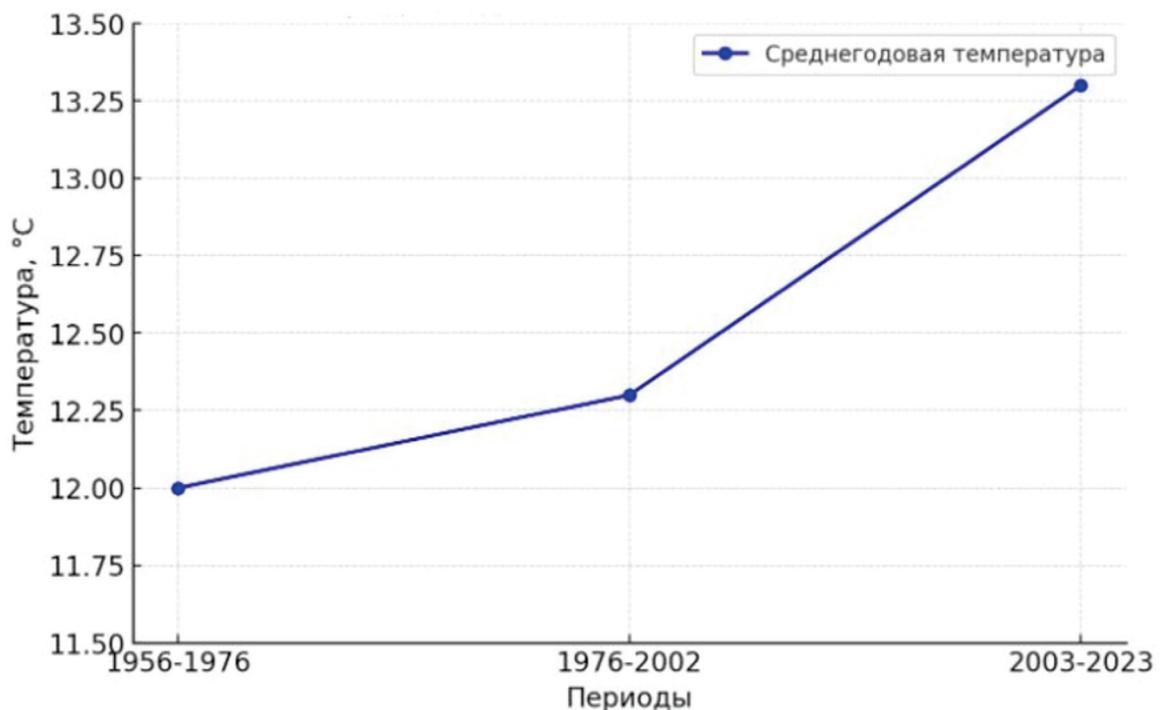


Рисунок 5. Среднегодовая температура станции Дарвоз.

График построен с использованием точки за каждый период, соединённых линиями для наглядности изменения. Кроме того, отметки на осях и сетка облегчают чтение данных. На рисунке 4. график, который отображает изменения среднегодовой температуры воздуха в течение трёх периодов: 1956–1976, 1976–2002 и 2003–2023 гг. Это может быть график, на котором видно, как температура увеличивалась за каждый из этих периодов. Период 1956–1976 гг. в этом периоде среднегодовая температура составляла 12,0°C. Этот показатель служит базовой точкой для дальнейшего сравнения. Период 1976–2002 гг. В течение этого периода произошло небольшое повышение температуры до 12,3°C, что на 0,3°C выше по сравнению с первым периодом. Это указывает на начало заметного потепления. Период 2003–2023 гг. за последние два десятилетия среднегодовая температура значительно увеличилась и достигла значения 13,3 °C. Это означает рост на 1,0 °C по сравнению с периодом 1976–2002 гг. Увеличение на 1,3 °C по сравнению с

базовым периодом 1956–1976 гг. График наглядно демонстрирует, что темпы потепления усилились в последние годы. Если в первые 46 лет наблюдалось увеличение температуры на 0,3 °C, то за последующие 20 лет прирост составил уже 1,0 °C. Эти данные подчеркивают ускоряющийся характер изменения климата в данном регионе.

Для изучения изменений режима влагообеспеченности в период с 1951 по 2023 годы были использованы данные по осадкам с метеостанций Дарвоз и Хумроги, расположенных на территории бассейна реки Вандж. На основе проведённого анализа были построены графики (рис. 6–7) и составлены таблицы. На графиках наглядно представлены изменения количества осадков за исследуемый период. В таблице 1 приведены рассчитанные значения линейного уравнения (коэффициенты тренда), нормы среднего количества осадков за базовый период (1951–2023 гг.), а также величина тренда, выраженная в процентах от нормы.

Таблица 1. Изменение количества осадков в бассейне реки Гунт на территории Памира за базовый период (1940-2022гг.) по сравнению от нормы (1961-1990).

№	Название станции	Высота м.н.у.м.	Коэффициент тренда период (1951-2023гг.)	Величина тренда за период (1951-2023гг.) мм	Норма осадков, мм период (1961 – 1990гг.)	в процентах от нормы, %
1	Дарвоз	1288	$y = -1.4541x + 549.12$	498	468	6
2	Хумроги	1736	$y = -0.4323x + 221.72$	216	205	5

Дарвоз – (высота 1288 м.н.у.м.) Осадки снижаются на 1.4541 мм в год (тренд). Снижение за период 1951-2023 гг. составляет 498 мм, норма осадков 1961-1990 гг. - 468 мм, осадки составляют только 6% от нормы, что свидетельствует о значительном дефиците осадков. Хумроги – (высота 1736 м.н.у.м.). Осадки уменьшаются на

0.4323 мм в год, снижение за период 1951-2023 гг. - 216 мм, Норма осадков (1961-1990 гг.) - 205 мм, Осадки составляют 5% от нормы, что также указывает на дефицит осадков. Оба региона испытывают больше осадков, с более выраженным в Дарвозе.

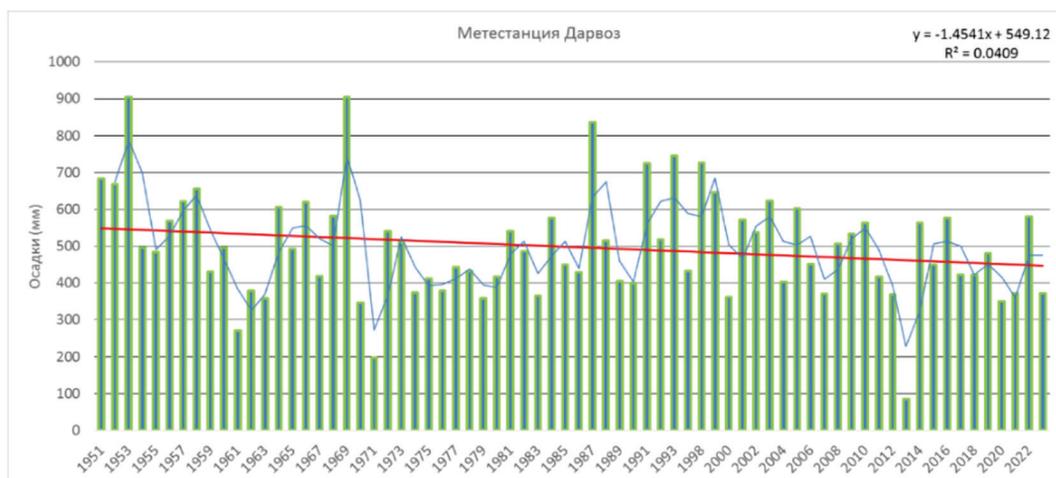


Рисунок 6. Динамика многолетних значений атмосферных осадков (мм) по метеостанции Дарвоз.

В представленных данных делается вывод о том, что за период наблюдений с 1951 по 2023 год на метеостанции Дарвоз в целом не наблюдается значительных изменений в количественном отношении годовых осадков, несмотря на определенные колебания и снижение линии тренда средних значений. Снижение линии тренда средних значений указывает на возможное уменьшение средней величины осадков в последние годы.

Резкие колебания значений, начиная с 1990-х годов до 2023 года фиксируются

значительные колебания между максимумами и минимумами годовых осадков, что может свидетельствовать о повышенной изменчивости климатических условий.

Отсутствие выраженной тенденции, несмотря на колебания и снижение тренда, в количественном отношении суммы годовых осадков остаются относительно стабильными, без выраженной тенденции к увеличению или уменьшению.



Рисунок 7. Динамика многолетних значений атмосферных осадков (мм) по метеостанции Хумроги.

Оценка многолетней динамики атмосферных осадков по данным метеостанции Хумроги выявила определённые изменения в их количестве. В последние годы наблюдается тенденция к постепенному уменьшению осадков. Средние значения атмосферных осадков за весь период наблюдений увеличились на 11,0 мм. Однако анализ колебаний максимальных и минимальных значений среднегодовых осадков показывает, что с 1991 по 2023 годы наблюдается уменьшение среднегодовых значений на 8,0 мм по сравнению с периодом 1960–1990 годов. Эта тенденция подтверждается данными, представленными на рисунке 7.

Снеготаяние играет ключевую роль в формировании стока в реке Вандж и других реках, находящихся в высокогорных регионах. Снег и лёд служат важным источником водных ресурсов, особенно в районах, где осадки преимущественно выпадают в виде снега. Когда снежный покров тает весной или летом, вода по-

ступает в реку, что способствует обеспечению притока воды в водоёмы и поддержанию водного баланса. Однако изменение климата оказывает серьёзное влияние на снежный покров. Потепление приводит к более раннему таянию снега и ледников, что может изменять сезонный режим стока. Например, реки могут столкнуться с более быстрым, но более краткосрочным пиком стока в начале весны, что может снизить общий объём воды, доступной в течение летних месяцев. Это имеет последствия для водоснабжения, сельского хозяйства и экосистем в регионе [9].

Исследование изменений снежного покрова в условиях изменения климата важно для разработки эффективных стратегий управления водными ресурсами в таких районах. Такие исследования могут включать анализ долгосрочных метеорологических данных, моделей снеготаяния и изменения ледников, а также использование спутниковых технологий для мониторинга снежного покрова [10].



Рисунок 8. Анализ изменения снежного покрова в бассейне реки Вандж (1990–2023 гг.).

Спутниковые снимки и данные дистанционного зондирования позволяют получать информацию о распределении снега, его объёме, а также о том, как эти параметры изменяются со временем. Спутники, оснащённые радарными и инфракрасными сенсорами, могут выявлять изменение площади снежного покрова, а также отслеживать его таяние в реальном времени. Это особенно важно для удалённых и труднодоступных горных регионов, где традиционные методы наблюдения могут быть ограничены [11].

В результате исследования динамики снежного покрова в бассейне реки Вандж за период 1990–2023 гг. были выявлены следующие особенности: годовая вариативность снежного покрова за рассматриваемый период наблюдалась как в многоснежные, так и в малоснежные

годы. Минимальное количество снега зафиксировано в 2008 году. Максимальное накопление снежного покрова отмечено в 1992 году. Анализ данных показывает снижение средней высоты снежного покрова. Уменьшение накопления снега в последние годы отражается на красной трендовой линии, демонстрирующей спад высоты снежного покрова. Частота дней с меньшей высотой снежного покрова возрастает, что может свидетельствовать о влиянии климатических изменений на гидрометеорологические условия региона.

Полученные результаты подчеркивают необходимость дальнейшего изучения климатических процессов в бассейне реки Вандж для понимания их влияния на гидрологический режим и разработку адаптационных стратегий в условиях изменения климата.

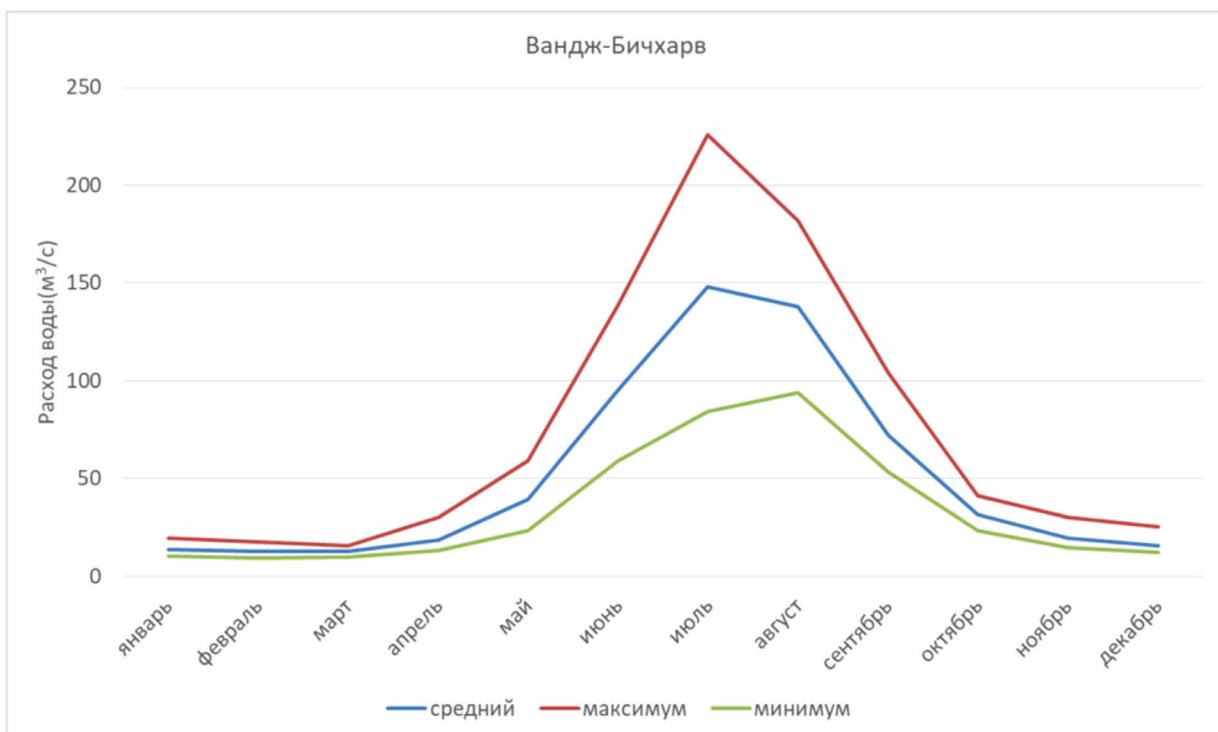


Рисунок 9. Средний, максимальный и минимальный расход воды по многолетним данным р. Вандж – Бичхарв.

Для определения изменчивости годового стока реки Вандж использованы годовые данные гидропостта Бичхарв, расположенного на самой реке, по которым имеются материалы наблюдений за про-

должительный период. Среднегодовой сток реки Вандж – Бичхарв составляет $51,1 \text{ м}^3/\text{с}$, средний максимальный годовой расход воды $67,1 \text{ м}^3/\text{с}$. Для определения изменчивости годового стока реки Ван-

дж, основываясь на предоставленных данных, можно рассчитать несколько показателей, характеризующих изменчивость стока, таких как: коэффициент вариации (C_v): это относительная мера изменчивости, которая помогает понять, насколько варьируется годовой сток по сравнению с его средним значением. Он рассчитывается как отношение стандартного отклонения к среднему значению.

Формула коэффициента вариации:

$$C_v = \frac{v}{\bar{X}} \times 100$$

где:

v — стандартное отклонение,

\bar{X} — среднее значение.

Сезон паводка реки Вандж начинается с начала апреля до начала октября. Пик расхода воды наблюдается в июль месяц. Максимальный расход воды в р. Вандж составляет $1800 \text{ м}^3/\text{с}$, зарегистрирован 04.07.1973 г. Самый низкий расход воды, наблюдаемый 27.02.1978 г. снизился до $7.61 \text{ м}^3/\text{с}$ (рис 7.).

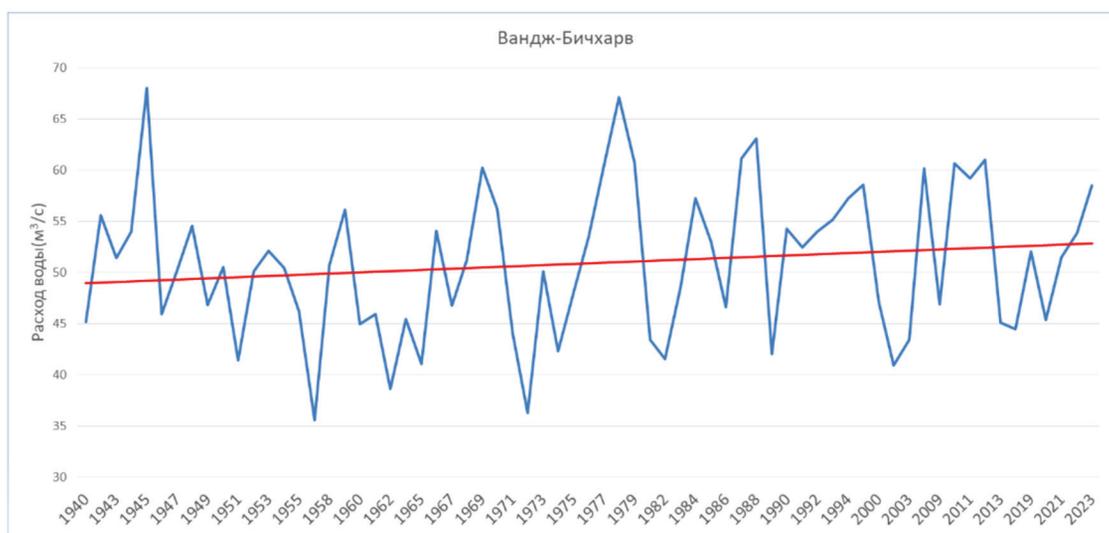


Рисунок 10. Изменение расходов воды ($\text{м}^3/\text{с}$) на р. Вандж – Бичхарв.

Анализ изменения расходов воды на реке Вандж за 80 лет показывает, что наблюдается увеличение на $2,98 \text{ м}^3/\text{с}$ в год, что приводит к увеличению расхода воды в среднем на 1% от нормы. Средний расход воды в 1961–1990 годы составлял $51,1 \text{ м}^3/\text{с}$. Это значение служит в качестве нормы для сравнения. Следовательно, увеличение на $2,98 \text{ м}^3/\text{с}$ в год указывает на долгосрочную тенденцию роста водного потока на реке Вандж. Это изменение может быть связано с несколькими факторами:

Климатические изменения: Потепление климата, особенно повышение температуры воздуха, может привести к более раннему таянию снега и льда, увеличивая количество воды, поступающей в реку.

Изменения в структуре осадков: Изменения в типе осадков (например, увеличение количества дождей в зимний период) также могут влиять на уровень рек.

Ледниковое питание рек: В районах с ледниковыми источниками стока увеличение температуры воздуха может привести к более интенсивному таянию ледников, что непосредственно повышает расходы воды [12]. Колебания расходов воды и изменения в их характере (Рисунок 10) показывает, что хотя расходы воды увеличиваются, существует также заметное изменение в характере колебаний этих расходов. Периодических изменениях: Колебания могут быть сезонными (летние паводки, весеннее таяние снега), но изменение их характера указывает на

изменения в длительности или интенсивности этих циклов.

Интервальных изменений: Эти изменения могут быть связаны с климатическими факторами, такими как изменение дождевых циклов или температурных режимов. Например, более частые или интенсивные осадки могут приводить к резким пикам расхода воды, в то время как их уменьшение может вызвать затухание колебаний и снижение уровня воды в реках или водоёмах. Повышение температуры в результате глобального потепления может влиять на таяние снега и льда в высокогорных районах и на полюсах. Это таяние, в свою очередь, увеличивает поток воды в реки и озера, что может вызывать изменения в гидрологическом цикле и частоты экстремальных событий, таких как наводнения или засухи [13].

Выводы

Проведённые исследования в бассейне реки Вандж по изменению метеорологических показателей и гидрологического режима рек показали, что за последние годы отмечается тенденция повышения температуры воздуха. Оценка динамики среднегодовых значений температуры воздуха за период с 1951 по 2023 годы показывает повышение его значений в последние годы. Температура воздуха за последние 70 лет повысилась на 0,3-1,3°C. В представленных данных делается вывод о том, что за период наблюдений с 1951 по 2023 год на метеостанции Дарвоз в целом не наблюдается значительных изменений в количественном отношении годовых осадков, несмотря на определенные колебания и снижение линии тренда средних значений. Снижение линии тренда средних значений, это указывает на возмож-

ное уменьшение средней величины осадков в последние годы.

Литература

1. Гельфан, А., и др., Влияние изменения климата на годовую и максимальный сток рек России: оценка и прогноз. *Фундаментальная и прикладная климатология*, 2021. 7(1): p. 36-79.
2. Догановский, А.М., *Гидрология суши (общий курс)*. 2012.
3. Михайлов, В.Н., М.В. Михайлова, and Д.В. Магрицкий, *Основы гидрологии устьев рек*. 2018.
4. Обязов, В., Влияние изменения климата на гидрологический режим рек Забайкалья. 2015, Забайкальский государственный университет.
5. Макаров, И.А., Глобальное изменение климата как вызов мировой экономике и экономической науке. *Экономический журнал Высшей школы экономики*, 2013. 17(3): p. 479-496.
6. Шульц, В., *Реки Средней Азии*. САНИГМИ. Л.: Изд. ГИМИЗ, 1965.
7. Мирзохонова, С. and Д.Б. Ниязов, Влияние изменения климата на гидрологический режим бассейна реки Пяндж. 2021.
8. Abdullaev, I., *Transboundary water management in Central Asia. Climate Diplomacy in Perspective: From Early Warning to Early Action*, Berlin, 2011.
9. Фазылов, А. and Н. Лавров, Управление твердым стоком реки Вахш в условиях изменения климата. in *Проблемы управления речными бассейнами при освоении Сибири и Арктики в XXI веке: Сборник докл. XIX Междунар. науч.-практ. конф. Тюмень: ТИУ*. 2017.
10. Шикломанов, И. and В. Георгиевский, Влияние изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы рек России. *Hydrological impact of climate change*, 2007: p. 143.
11. Gafurov, A., et al., MODSNOW-Tool: an operational tool for daily snow cover monitoring using MODIS data. *Environmental Earth Sciences*, 2016. 75: p. 1-15.
12. Gafurov, A., et al., Snow cover reconstruction methodology based on historic in situ observations and recent remote sensing data. *The Cryosphere Discussions*, 2014. 8(5): p. 4645-4680.
13. Brooks, K.N., P.F. Ffolliott, and J.A. Magner, *Hydrology and the Management of Watersheds*. 2012: John Wiley & Sons.

ТАҒЙИРЁБИИ БУЗУРГИҲОИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ ҲАВЗАИ ДАРЁИ ВАНЧ ДАР ШАРОИТИ ТАҒЙИРЁБИИ ИҚЛИМ

Шарофиддинов С.С.^{1,2}, Гулахмадов А.А.^{2,*}, Раҳимзода А.С.³, Азизов З.Б.²

¹Агентии обуҳавошиносии Кумитаи ҳифзи муҳити зисти назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон

²Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

³Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

*Муаллифи масъул. E-mail: agulakhmadov@gmail.com

Шарҳи мухтасар. Дар ин мақола динамикаи тағйирёбии маҷрои оби дарёи Ванч дар давраи солҳои 1940-2023 мавриди таҳлил қарор гирифта, қоҳиши тамоюли маҷро дар тамоми давраи мушоҳидаҳо ошкор шудааст. Мушоҳидаҳои таърихии гидрометеорологӣ нишон медиҳанд, ки қараёни об асосан аз ҳисоби обишавии қабати барф дар моҳи июн ва обишавии пирахҳо дар моҳи август ташаккул меёбад. Давраи мушоҳидаҳои ҳароратӣ барои солҳои 1951-2023 тамоюли тағйирёбандии ҳароратро бо афзоиши суръат дар ҳудуди 0,3-1,3°C нишон дод. Тибқи маълумоти бисёрсолаи шабакаҳои метеорологии Дарвоз ва Ҳумроғӣ барои солҳои 1951-2023, миқдори миёнаи солонаи боришоти атмосферӣ дар сатҳи тақрибан 498 мм боқӣ мондааст. Аммо, таҳлил нишон дод, ки дар солҳои 2000-2023 нисбат ба солҳои 1951-1990 миқдори боришот қоҳиши ёфтааст, ки аз мавҷудияти тамоюли қоҳишёрӣ шаҳодат медиҳад. Дар айни замон, ташаккули қараёни дарёи Ванч асосан аз қабати барф ва пирахҳои хурде, ки дар ҳавза ҷойгиранд, вобаста аст. Қараёни зимистона бошад, то андозае аз воридишавии обҳои зерзаминӣ муайян мегардад, ки аҳамияти нақши онҳоро дар таъмини оби минтақа дар давраи зимистон таъкид мекунад.

Калидвожаҳо: ҳавзаи дарёи Ванч, шохобҳои ҳавзаи дарёи Панҷ, барф, ҳарорат, боришот, харчи об.

CHANGES IN HYDROMETEOROLOGICAL PARAMETERS OF THE VANJ RIVER BASIN UNDER CLIMATE CHANGE

Sharofiddinov S.S.^{1,2}, Gulakhmadov A.A.^{2,*}, Rakhimzoda A.S.³, Azizov Z.B.²

¹Agency for hydrometeorology of the Committee of Environmental Protection under the Government of the Republic of Tajikistan

²Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan

³Tajik National University

*Corresponding author. E-mail: agulakhmadov@gmail.com

Abstract. This article discusses the dynamics of changes in the streamflow of the Vanj River from 1940–2023; a decreasing trend in runoff was found over the entire observation period. Historical hydrometeorological observations have shown that the runoff is formed due to the melting of snow cover in June and the melting of glaciers in August. The temperature observation period for 1951–2023 showed a changing temperature trend with an increasing character at a rate of 0.3–1.3 °C. According to long-term data from the Darvoz and Humrogi meteorological stations for the period 1951–2023, the average annual amount of precipitation remained at a level of about 498 mm. However, the analysis showed that from 2000 to 2023 there is a decrease in precipitation compared to the period 1951–1990, which indicates the presence of a decreasing trend. Currently, the formation of the Vanj River runoff mainly depends on the snow cover and small glaciers located in the basin. Winter runoff, in turn, is largely determined by the inflow of groundwater, which emphasizes the importance of their role in the water supply of the region in winter.

Keywords: Vanj River basin, upper reaches of the Panj River basin, snow, temperature, precipitation, water consumption.

Маълумот оид ба муаллифон. Шарофиддинов Сафархон Саломович - Агентии обуҳавошиносии Кумитаи ҳифзи муҳити зисти назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон, сардори шуъбаи пешгуии обшарошии Маркази пешгуии обуҳавосанҷӣ. Тел.: (+992) 91 857 0918, E-mail: safar-hush@mail.ru; Гулахмадов Аминджон Абдуджабборович - Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, муовини директор, доктори илмҳои техникаӣ. Тел.: (+992) 88 547 1616, E-mail: agulakhmadov@gmail.com; Раҳимзода Амрулло Сикадаршо - Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, доктор-

анти соли сеюми кафедраи гидрогеология ва геологияи муҳандисии факултети геология. Тел.: (+992) 98 797 6175, E-mail: amrullorahimzoda98@gmail.com; Азизов Зуршо Бобохонович – унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел.: (+992) 98 581 80 80, E-mail: zursho_a@gmail.com.

Сведения об авторах. Шарофиддинов Сафархон Саломович - начальник отдела гидропрогнозов Центра гидрометеорологического прогнозирования Агентства по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан. Тел.: (+992) 91 857 0918, E-mail: safar-hush@mail.ru; Гулахмадов Аминджон Абдуджабборович - доктор технических наук, заместитель директора по науке и образованию Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана. Тел.: (+992) 88 547 1616, E-mail: agulakhmadov@gmail.com; Рахимзода Амрулло Сикадаршо – докторант третьего курса кафедры гидрогеологии и инженерной геологии геологического факультета Таджикского национального университета. Тел.: (+992) 98 797 6175, E-mail: amrullorahimzoda98@gmail.com. Азизов Зуршо Бобохонович – соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана. Тел.: (+992) 98 581 8080, E-mail: zurshoa@gmail.com.

Information about the authors. Sharofiddinov Safarkhon Salomovich - Agency for Hydrometeorology of the Committee for Environmental Protection under the Government of the Republic of Tajikistan, Head of the Hydrometeorological Forecasting Department of the Center for Hydrometeorological Forecasting. E-mail: safar-hush@mail.ru, Gulakhmadov Aminjon Abdudjabborovich - Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Deputy Director, Doctor of Technical Sciences. E-mail: agulakhmadov@gmail.com; Rakhimzoda Amrullo Sikadarsho - Tajik National University, third year doctoral student of the Department of Hydrogeology and Engineering Geology, Faculty of Geology. Tel.: (+992) 98 797 6175, E-mail: amrullorahimzoda98@gmail.com; Azizov Zursho Bobokhonovich – researcher at the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Tel.: (+992) 98 581 8080, E-mail: zursho_a@gmail.com.

УДК 504.4.062.2:631.67

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПОВ ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ (ИУВР)

Пулатов Я.Э.^{1*}, Пулатов Ш.Я.², Умарова Л.Д.², Азизов Д.Н.¹,
Исаев Д.А.¹, Рахматов Э.Н.¹, Эшонкулова З.У.¹, Абдуллаева П.Н.¹

¹Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана

²Таджикский аграрный университет им. Ш.Шотемур

*Автор-корреспондент. E-mail: tj_water@mail.ru

Аннотация. В статье излагаются результаты анализа теории и практики реализации принципов интегрированного управления водными ресурсами. Излагается история концепции и развитие ИУВР, описываются его основные принципы, а также вертикальная и горизонтальная иерархия взаимосвязи управления водными ресурсами. В заключительной части статьи описываются выгоды от реализации принципов ИУВР.

Ключевые слова: интегрированное управление водными ресурсами (ИУВР), водные ресурсы, принципы, история ИУВР, теория, практика, взаимосвязь.

Введение и обоснование

Вода является фундаментальным ресурсом для выживания, охраны здоровья, достойной жизни и развития человечества. В настоящее время мир сталкивается с надвигающимся водным кризисом:

➤ водные ресурсы испытывают всё большее антропогенное давление от прироста населения, экономической деятель-

ности и усиливающейся конкуренции за воду среди пользователей;

➤ водозабор увеличился более чем в два раза, соответствуя приросту населения, при этом, одна треть населения планеты живёт в странах, которые в различной степени испытывают дефицит воды;

- загрязнение усиливает водный дефицит, сокращая возможность использования воды;
- недостатки в управлении водными ресурсами, концентрация на развитие новых источников вместо того, чтобы лучше управлять существующими, ведомственные подходы в управлении водными ресурсами сверху вниз приводят к нескоординированному развитию и управлению этим ресурсом;
- всё более интенсивное развитие означает большие воздействия на окружающую среду;
- текущая обеспокоенность изменчивостью и изменениями климата требует улучшения управления водными ресурсами, чтобы противостоять более интенсивным наводнениям и засухам.

Широкое и интенсивное использование водных ресурсов выдвигает на первый план установление гидрологических, социальных, экономических и экологических взаимозависимостей в бассейнах рек, озёр и прочих водоносных формаций. Эти взаимные зависимости требуют более интегрированных подходов к развитию и управлению водными ресурсами.

Следовательно, поставлена цель – проанализировать и оценить существующую теорию и практику реализации принципов интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР) и рекомендовать основные выгоды от его применения по отраслям экономики.

Методология исследований

Среди подходов и методов, предлагаемых к решению поставленных задач, в качестве основных использованы: системный, комплексный и сравнительный методы, а также методология интегрированного управления водными ресурсами. Внедрение в практику принципов интегрированного управления водными ресурсами во многих странах показало, что нет единой идеальной или универсальной модели перехода от администра-

тивно-территориального управления к бассейновому управлению, которая могла бы быть применена в любой стране. Выбор оптимальной модели управления может быть сделан на основании изучения опыта других стран и его разумного применения. Методика данного исследования построена на подходе, ориентированном на изучение и анализе институциональной основы управления водными ресурсами, критическом анализе текущих условий и использовании накопленного опыта. В процессе исследования использованы результаты анализа авторов по интегрированному управлению водными ресурсами за 2004-2024 годы.

Результаты исследований и их обсуждение

В настоящее время, учитывая многогранный характер управления водными ресурсами, многие страны внедряют интегрированный подход в управление водными ресурсами на национальном и бассейновом уровне, что требует совершенствования институциональных структур и улучшения рабочей практики. Чтобы поддержать этот процесс Глобальное Водное Партнерство (ГВП), Международный институт управления водными ресурсами (ИВМИ), Международная сеть бассейновых организаций (МСБО) и другие организации внесли огромный вклад и подготовили различные руководства, пособия, содержащие указания по совершенствованию управления водными ресурсами. В частности, делается акцент на эффективную реализацию принципов интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР) в бассейнах рек, озёр и водоносных формаций [1,6,7,10].

История концепции и развитие ИУВР. Основы концепции интегрированного управления водными ресурсами закладывались в некоторых странах Европы и других континентов в начале XX века при создании структур управления водными ресурсами.

Первая конференция Организации Объединённых Наций по водным ресурсам проходила в 1977 году, в Мар-дель-Плата, в Аргентине. По результатам конференции был составлен первый План действий по водным ресурсам.

Понятие «Интегрированное управление водными ресурсами (ИУВР)» было предложено в 1992 году на Международной конференции по воде и окружающей среде в Дублине (Ирландия), а на конференции в Рио-де-Жанейро было включено в «Повестку дня 21», глава 18 которой посвящена водным ресурсам и интегрированному управлению водными ресурсами (ИУВР). Главной целью ИУВР, согласно «Повестке дня 21», является удовлетворение потребности в пресной воде всех стран для их устойчивого развития. Позднее, они были усовершенствованы на конференциях в Хараре и Париже в 1998 г. и Комиссией ООН по устойчивому развитию, а также на встрече «Рио+5» в 1998 г. На основе Дублинских принципов Европейским союзом в 2000 году была разработана Водная рамочная директива ЕС, которая стала основным документом в сфере водной политики Европейского союза. Рамочная директива – передовой пример внедрения принципов ИУВР и бассейнового планирования [2,6,12].

Как указано во Всемирном докладе ООН о состоянии водных ресурсов за 2019 г., в 2000–2009 гг. зарегистрировано 94 конфликта, связанных с водными ресурсами (в 49-ти случаях – вода, как перво-причина, в 20-ти – вода, как оружие, и в 34

х – вода, как жертва конфликта). В период 2010-2018 гг. количество таких конфликтов увеличилось до 263 (в 123-х случаях – вода, как первопричина, в 29-ти – вода, как оружие, и еще в 133-х - вода, как жертва конфликта). Такой общий рост по всем позициям обусловлен главным образом двумя основными причинами: увеличением числа вооружённых конфликтов в ряде регионов мира в период с 2010 по 2018 годы, а также ростом масштабов осведомлённости мирового сообщества (и представлением отчётности) о таких инцидентах. Тем не менее, развитие современного общества демонстрирует тот факт, что объективно возникающая потребность в совместном управлении водными ресурсами всё чаще становится единственно необходимой возможностью и поводом для сотрудничества [1,4,6,13,14].

Поэтому целенаправленные и скоординированные действия различных государств должны стать главным фактором эффективной работы по устранению региональных и глобальных водно-экологических проблем. По оценке ООН, к 2030 г. почти половина населения мира будет проживать в районах, находящихся под сильным стрессом в связи с водными ресурсами. В современном мире воду рассматривают как исчерпаемый и уязвимый ресурс, являющийся одновременно экономическим благом и природным ресурсом, имеющим культурную, социальную и экологическую ценность (Дублинское заявление 1992 г.).

Таблица 1. История и развитие ИУВР.

ИСТОРИЯ ИУВР. ОСНОВНЫЕ ВЕХИ

- В.И.Вернадский (1904г.): «наступит время, когда человеку придётся взять ответственность на себя за дальнейшую судьбу биосферы»;
- Первая Конференция ООН по окружающей среде в Стокгольме (1972г.), где признан глобальный экологический кризис всей биосферы и водному фактору придавалось особое внимание;
- Совещание по безопасности и сотрудничеству в Европе (СБСЕ) в Хельсинки (1975г.), определило понятие «безопасность» многомерным;

- Вторая Конференция ООН по окружающей среде и развитию проведена в 1992г. в Рио-де-Жанейро. Мировое сообщество приняло «Повестку дня XXI века» и Декларацию по окружающей среде и развитию;
- В 2000году проведён Саммит Тысячелетия (Нью-Йорк). В Декларации тысячелетия, утверждённой ГА ООН 8 сентября 2000года, ключевыми целями названы: «поддержка принципов устойчивого развития»; «бережного и ответственного отношения к природе»; «остановить нерациональное использование водных ресурсов»; «способствовать обеспечению справедливого доступа к воде»;
- В 2002г. –Всемирный Саммит по Устойчивому развитию (ВСУР) (Йоханнесбург). Впервые ИУВР был признан всеми государствами и ВСУР призвал все страны подготовить Стратегии и Национальные планы ИУВР к концу 2005г.;
- В 2002 г. создана международная сеть «Глобальное Водное Партнерства» с целью содействия процессу внедрения принципов ИУВР на разных уровнях управления водой (глобальном, региональном, национальном и местном).

РАЗВИТИЕ ИУВР:

- 3-й Международный Водный Форум (Киото, Япония, 2003);
- Международный Форум по чистой воде (Душанбе, 2003);
- 4-й Международный Водный Форум (Мехико, 2006);
- 1-й Азиатско-Тихоокеанский Водный Форум (Беппу, 2007);
- 5-й Международный Водный Форум (Стамбул, 2009);
- 6-й Международный водный Форум (Марсель, 2012);
- 7-й Международный водный Форум (Бразилия, 2015);
- 8-й Международный водный Форум (Корея, 2018);
- 9-й Международный водный Форум (Сенегал, 2022);
- 10-й Международный водный Форум (Бали, Индонезия, 2024);
- Международное десятилетие действий «Вода для жизни, 2005-2015гг);
- Международная конференция по сокращению стихийных бедствий, связанных с водой (Душанбе, 2008; Давос, 2008);
- Международная Конференция по 10-летию воды (Душанбе, 2010);
- Международная конференция, посвящённая году водного сотрудничества (Душанбе, 2013);
- Международное десятилетие действий «Вода для устойчивого развития, 2018-2028» (Душанбе, 2018, 2022, 2024);
- Международная конференция высокого уровня по Международному десятиетию действий «Вода для устойчивого развития», 2018-2028 годы (Душанбе, 2018);
- Международная конференция «Водная безопасность: новые технологии, стратегии, политики и институты», (Пекин, 2019).
- Центрально-азиатская субрегиональная подготовительная конференция к 9-му Всемирному водному форуму «Водная безопасность для мира и развития» (Душанбе, 2021);
- Вторая Международная конференция высокого уровня в рамках Международного десятилетия действий «Вода для устойчивого развития», 2018-2028 (Душанбе, 2022);
- Конференция ООН по водным ресурсам или Международное десятилетие действий «Вода для устойчивого развития», 2018–2028 (Нью-Йорк, 2023);
- Третья Международная конференция высокого уровня по Международному десятиетию действий «Вода для устойчивого развития», 2018-2028 (Душанбе, 2024).

Современное мышление всемирного водного сообщества заключается в том, что устойчивое развитие должно выполняться путём внедрения принципов ин-

тегрированного управления водными ресурсами (ИУВР).

Определение ИУВР. Традиционная система управления и водопользования

основана на максимальной эксплуатации водных ресурсов и потребительском отношении к воде. Она привела к существенным экологическим затратам и увеличила социальное неравенство во многих регионах мира. Недостаток водных ресурсов и ухудшение качества воды, стали важными факторами, сдерживающими экономическое развитие многих стран. Ситуация усугубляется климатическими рисками, ведь глобальное повышение температур, а также изменения в количестве, периодичности и интенсивности осадков неизбежно влечёт за собой изменения в состоянии водных ресурсов. Увеличение рисков засух, наводнений и паводков усиливает конкуренцию за воду между отдельными отраслями экономики и странами межгосударственных (трансграничных) рек. Это влечёт за собой рост социально-экономической и политической напряжённости, особенно в трансграничных бассейнах, увеличивает вероятность региональных конфликтов за воду и другие ресурсы [2,3,6,11,12].

В последнее время появилось достаточно большое количество материалов по поводу трактовки и понимания ИУВР. В понимании наиболее авторитетных ав-

торов и идеологов ИУВР, особенно Глобального водного партнёрства приводится такое определение: *Интегрированное управление водными ресурсами (ИУВР) – это процесс, который способствует скоординированному развитию и управлению водными, земельными и связанными с ними ресурсами с целью обеспечения максимального экономического и социального благополучия на справедливой основе без ущерба для устойчивости жизненно важных экосистем* [2,5,6,9,11].

Также, ИУВР по толкованию научно-информационного центра Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии (НИЦ МКВК) Центральной Азии гласит таким образом:

«ИУВР – это система управления, основанная на учёте всех видов водных ресурсов (поверхностных, подземных и возвратных вод) в пределах гидрографических границ, которая увязывает интересы различных отраслей и уровни иерархии водопользования, вовлекает все заинтересованные стороны в принятие решений, способствует эффективному использованию водных, земельных и других природных ресурсов в интересах устойчивого обеспечения требований природы и общества в воде» [2].

Наше мнение: «Системный процесс»

ИУВР - системный процесс, который обеспечивает участие всех заинтересованных сторон в принятие решений, способствует эффективному использованию водных, земельных и других природных ресурсов в интересах устойчивого обеспечения требований природы и общества в воде.

Интегрированное управление означает, что все виды водопользования рассматриваются вместе и взаимозависимы. Поэтому ИУВР представляет собой систематический процесс устойчивого развития, распределения и мониторинга водных ресурсов в контексте социальных, экономических и экологических целей.

Основные принципы ИУВР. Основные принципы интегрированного управления водными ресурсами (или, как их еще называют, Дублинские принципы) стали основой для последующих реформ водного хозяйства во многих странах [8].

Таблица 2. Основные принципы ИУВР.

Фундаментальная основа ИУВР: Дублинские принципы (1992)

1. Пресная вода есть ограниченный и уязвимый ресурс, важный для поддержания жизни, развития и окружающей среды.
2. Освоение и управление водными ресурсами должно базироваться на подходе массового участия, вовлекая пользователей, планировщиков и политиков на всех уровнях.
3. Женщины играют центральную роль в обеспечении, управлении и охране безопасности воды.
4. Вода имеет экономическую стоимость во всех конкурирующих видах водопользования и должна быть признана экономическим товаром.
5. Источник: Международная конференция по водным ресурсам и окружающей среде. Дублин, Ирландия, январь 1992г.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ИУВР:

- Все виды водных ресурсов (поверхностные, подземные, возвратные) должны быть интегрированы в единую систему управления;
- Юрисдикция водохозяйственных организаций распространяется в пределах гидрографических границ;
- Использование воды должно координироваться в увязке всех категорий водопользователей в рамках одной гидрографической единицы;
- Уровни иерархии, обеспечивающие управление водой, должны быть тесно взаимосвязаны с целью минимизации непродуктивных потерь воды;
- Общественность должна быть вовлечена в процесс принятия решений по управлению водой;
- Доход водопользователей должен быть достаточным для того, чтобы они могли полностью оплачивать расходы по эксплуатации и содержанию системы;
- Финансирование верхнего звена водохозяйственных систем до уровня АВП должно осуществляться за счёт госсредств с последующим увеличением участия водопользователей по мере роста их доходов;
- Охрана водных экосистем должна быть одним из главных приоритетов в деятельности водохозяйственных органов.

ИУВР ТРЕБУЕТ, КАК МИНИМУМ 5 УРОВНЕЙ ИНТЕГРАЦИИ:

- Вертикальная интеграция - от самого нижнего уровня до правительства;
- Горизонтальная интеграция - координация и сотрудничество между всеми организациями в масштабе водосбора;
- Междисциплинарная интеграция включает все необходимые дисциплины, включая социально-экономические, технические, гидрологические, экономические и экологические.
- Функциональная интеграция включает планирование, регулирование, проектирование, ремонт и мониторинг.
- Интеграция стейкхолдеров вовлекает неправительственные интересы, ГПВ или местные группы.

Гидрографизация. Бассейн реки или озера представляет собой ограниченную водоразделами систему небольших водотоков и рек, впадающих в единый водо-

приёмник. Во всём мире существует 263 крупных трансграничных речных бассейнов (таблица 3) и сотни трансграничных водоносных горизонтов.

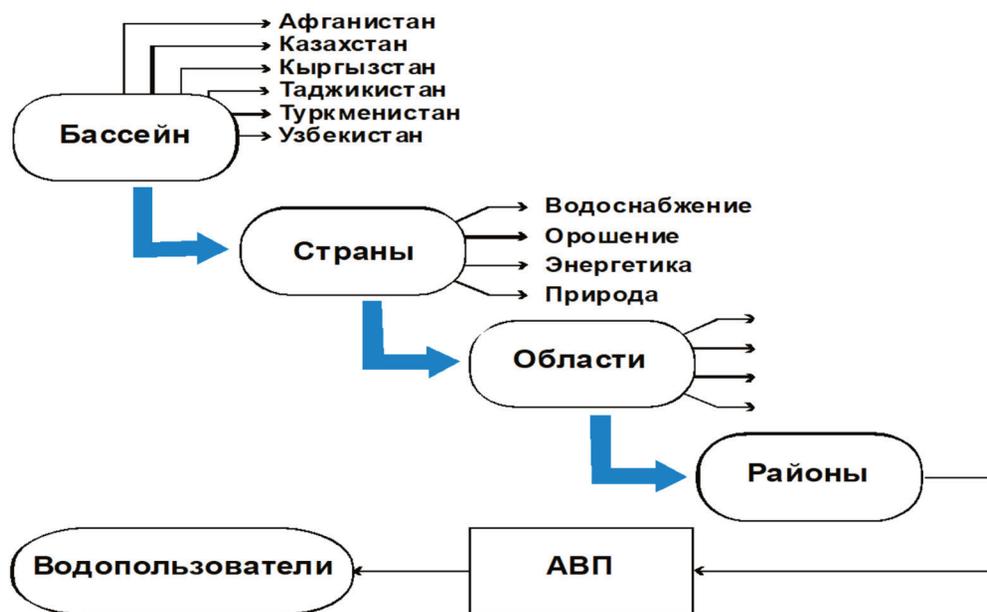


Рисунок 1. Иерархия управления водными ресурсами.

Таблица 3. Межгосударственные (трансграничные) бассейны на пяти континентах.

Континент	Число межгосударственных бассейнов	Процент от площади континента (%)
Африка	59	62
Азия	57	39
Европа	69	54
Северная Америка	40	35
Южная Америка	38	60
Всего	263	45
Источник: Международная сеть бассейновых организаций (МСБО)		

Одним из основных направлений организационного совершенствования качества управления водой является внедрение гидрографического принципа или, точнее сказать, возвращение к гидрографическому принципу, так как известно, что раньше (до 60-х годов 20 века) водные организации в ЦАР формировались, как правило, на основе гидрографического принципа.

Наглядным примером, что такое гидрографический принцип при организа-

ции руководства водой, может служить живой лист, на котором видны очертания артерий. Так устроена и любая водохозяйственная система, где вся территория водопользования привязана к гидрографии главного ствола – реки или магистрального канала, из которого берут начало множество отводов – арыков или оросителей следующего порядка, по которым вода доходит до последнего водопользователя (Рис. 1) [1,2,4,12,13].



Рисунок 2. Живой лист – единый организм. Образ ИУВР.

Вода не признает административных границ, установленных человеком по геополитическим (или другим) соображениям. Потому организация руководства процессом управления водой должна строиться не в рамках административных границ, а по единой гидрографической территории.

Самым важным преимуществом ИУВР является функционирование механизма межведомственной координации через создание бассейновых советов или координационных групп. Такой подход позволяет обеспечить чёткую координацию и согласованность действий на всех уровнях иерархии управления [2,9,10].

Внедрение некоторых принципов ИУВР в политику водохозяйственного сектора и обеспечение политической поддержки может столкнуться с трудностями, поскольку требует жёстких решений. Неудивительно, что часто основные законодательные и институциональные реформы поддерживаются только тогда, когда возникают серьёзные водохозяйственные проблемы. Реформа системы управления водными ресурсами также потребует существенных финансовых затрат и разработки необходимой финансовой политики и стратегии.

Создание системы прав водопользователей с закреплением "права на воду" является основой для экономного расходования воды и ответственности как во-

допользователей, так и водохозяйственных органов за стабильность водоподачи.

В настоящее время в Таджикистане ускоренным темпом реализуется «Программа реформы водного сектора Таджикистана на период 2016-2025 годы», которая основывается на внедрении принципов ИУВР. Достигнутые результаты реформы охватывают развитие законодательства и регулирования, институциональные перемены, технические модернизации водного сектора, а также наращивание потенциала.

Выводы

- Основой для Бассейнового плана является комплексный анализ существующей ситуации и составление реестра всех существующих проблем. Выявленные проблемы должны быть ранжированы по приоритетности. Наиболее актуальные на настоящий момент времени проблемы становятся основой Плана;
- Бассейновый План не является статичным документом и должен постоянно пересматриваться и уточняться при необходимости, разработка новых Планов должна стать регулярной и широко применимой практикой;
- Бассейновая организация, формальная или неформальная, является залогом устойчивости созданного механизма бассейнового планирования;

- ИУВР обеспечивает фактическое равноправие всех водопользователей, координацию секторов экономики, а также участие бенефициариев, прозрачность и рентабельное местное управление.
- Внедрение ИУВР, потребует проведения реформ на всех этапах планирования и управления водными ресурсами, составления общего плана действий с методами проведения преобразований. Внедрение стратегии в жизнь, потребует реформ водного законодательства и водохозяйственных организаций. Это вероятно будет длительный процесс с поэтапными изменениями.

Выгоды от внедрения принципов ИУВР:

- ИУВР может помочь водохозяйственному сектору, повышая информированность пользователей о потребностях экосистем и выгодах, которые они могут обеспечить, что недооценивается и не учитывается при планировании и в процессе принятия решений.
- Подход с учётом экосистем обеспечивает новую структуру для ИУВР, при которой больше внимания уделяется системному подходу в управлении водными ресурсами: защите расположенных выше водосборов (например, восстановление лесных массивов, современные технологии обработки земли, борьба с эрозией почв), борьбе с загрязнением (например, сокращение источников концентрированного загрязнения, охрана подземных вод) и экологическим попускам.
- Сельское хозяйство как крупнейший водопользователь и один из основных источников обширного загрязнения поверхностных и грунтовых вод, сельское хозяйство имеет отрицательный образ. Учитывая низкую добавленную стоимость сельскохозяйственного производства, часто, особенно в условиях водного дефицита, вода перераспределяется из сельского хозяйства другим водопользователям.
- ИУВР призывает к комплексному планированию с тем, чтобы водные, земельные и другие ресурсы использовались устойчиво. В сельскохозяйственном секторе с помощью ИУВР можно повысить продуктивность воды (то есть больше продукции на «каплю воды»), с учётом ограничений, накладываемых экономическими, социальными и экологическими условиями конкретного региона или государства.
- должным образом осуществляемое ИУВР ведёт к водной безопасности, а также уменьшению затрат на очистку воды.
- Исходной точкой интегрированного управления и эффективного использования должны стать экономические стимулы, обеспечивающие стремление представителей сектора к очистке, повторному использованию и сокращению отходов.
- На местном уровне улучшенная интеграция управления водными ресурсами могла бы привести к значительному сокращению затрат на обеспечение водоподачи домохозяйствам, если бы, например, большее число ирригационных систем проектировались с самого начала с включением водоподачи домохозяйствам.

Роль национального плана ИУВР - это катализатор изменений. План ИУВР должен быть катализатором для действий и безусловно – положительных изменений!

- Переход от мнения, что государство одно несёт ответственность за управление водными ресурсами к пониманию того, что все общество в целом ответственно за это.
- Переход от централизованного и контролируемого принятия решений к распределению результатов и возмож-

ностей, к открытому сотрудничеству, кооперации и концентрированным действиям.

- Переход от ведомственного планирования к координированному или полностью интегрированному планированию водных ресурсов. ИУВР обеспечивает фактическое равноправие всех водопользователей, координацию секторов экономики, а также участие бенефициариев, прозрачность и рентабельное местное управление. Внедрение ИУВР, потребует проведения реформ на всех этапах планирования и управления водными ресурсами, составления общего плана действий с методами проведения преобразований. Внедрение стратегии в жизнь, потребует реформ водного законодательства и водохозяйственных организаций. Это вероятно будет длительный процесс с поэтапными изменениями.

Выгоды для окружающей среды.

Экосистемы могут выиграть от внедрения комплексного подхода к управлению водными ресурсами.

ИУВР может помочь водохозяйственному сектору, повышая информированность пользователей о потребностях экосистем и выгодах, которые они могут обеспечить, что недооценивается и не учитывается при планировании и в процессе принятия решений.

Подход с учётом экосистем обеспечивает новую структуру для ИУВР, при которой больше внимания уделяется системному подходу в управлении водными ресурсами: защите расположенных выше водосборов (например, восстановление лесных массивов, современные технологии обработки земли, борьба с эрозией почв), борьбе с загрязнением (например, сокращение источников концентрированного загрязнения, охрана подземных вод) и экологическим попускам.

Выгоды для сельского хозяйства.

Как крупнейший водопользователь и один из основных источников обширного загрязнения поверхностных и грунтовых вод, сельское хозяйство имеет отрицательный образ. Учитывая низкую добавленную стоимость сельскохозяйственного производства, часто, особенно в условиях водного дефицита, вода перераспределяется из сельского хозяйства другим водопользователям.

ИУВР призывает к комплексному планированию с тем, чтобы водные, земельные и другие ресурсы использовались устойчиво. В сельскохозяйственном секторе с помощью ИУВР можно повысить продуктивность воды (то есть больше продукции на «каплю воды»), с учётом ограничений, накладываемых экономическими, социальными и экологическими условиями конкретного региона или государства.

Выгоды для водоснабжения и санитарии

Прежде всего, должным образом осуществляемое ИУВР ведёт к водной безопасности, а также уменьшению затрат на очистку воды.

Исходной точкой интегрированного управления и эффективного использования должны стать экономические стимулы, обеспечивающие стремление представителей сектора к очистке, повторному использованию и сокращению отходов.

На местном уровне улучшенная интеграция управления водными ресурсами могла бы привести к значительному сокращению затрат на обеспечение водоподачи домохозяйствам, если бы, например, большее число ирригационных систем проектировались с самого начала с включением водоподачи домохозяйствам.

Литература

1. Духовный, В. Соколов, В. Интегрированное управление водными ресурсами. Опыт и уроки, извлеченные из Центральной Азии - Навстречу четвертому Всемирному Водному Фо-

- руму. Ташкент. -2005. 97с. Доступно по адресу http://www.gwp.org/Global/GWP-САСЕНА_Files/en/pdf/dukhovny_sokolov_e.pdf.
2. Духовный В., Соколов В., Мантрителике, Х. (ред.) (2008) Интегрированное управление водными ресурсами: от теории к реальной практике. Опыт Центральной Азии. НИЦ МКВК и ГВП-ЦАК, Ташкент, Узбекистан. ISBN 9965-32- 627-4.
 3. Пулатов Я.Э. Необходимость реализации принципов Интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР). ММивХ РТ. «Обу ободони» №1, июнь, Душанбе, 2004, 4с.
 4. Дэн Тарлок. ИНТЕГРИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА // Научно-практический семинар НАТО Интегрированное управление водными ресурсами на трансграничных бассейнах – межгосударственные и межсекторальные подходы г. Бишкек, 23-27 февраля 2004 г. <http://www.cawater-info.net/library/rus/bishkek/tarlock.pdf>
 5. Интегрированное управление водными ресурсами в Центральной Азии: Проблемы управления большими трансграничными реками. Глобальное водное партнёрство, 2014. Ташкент, 60с.
 6. Интегрированное управление водными ресурсами. ИУВР - краткий обзор. Глобальное водное партнёрство, 2000г. // <http://www.gwp.org/Global/The%20Challenge/Resource%20material/IWRM%20at%20a%20glance.pdf>.
 7. Интегрированное управление водными ресурсами: От теории к реальной практике. Опыт Центральной Азии. Под ред. проф В.А. Духовного, д-ра. В.И. Соколова, д-ра. Х. Мантрителике -Ташкент: НИЦ МКВК, 2008. – 364 с.
 8. Международная конференция по водным ресурсам и окружающей среде, Дублин, Ирландия, январь 1992г.
 9. Планы ИУВР. Учебное пособие. Глобальное водное партнёрство (GWP), International Network for Capacity Building in Integrated Water Resources Management (Cap-Net). UNDP, 2005.- 103с.
 10. Пулатов Я.Э. Фундаментальные и прикладные аспекты интегрированного управления водными ресурсами, взаимосвязь воды, продовольствия, энергии и экологии Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Вода для устойчивого развития Центральной Азии», посвященной Международного десятилетия действий «Вода для устойчивого развития, 2018-2028», 23-24 марта 2018 г. г. Душанбе, С. 287-293.
 11. Пулатов Я.Э. Теоретические аспекты ИУВР. Материалы тренинга по «ИУВР в бассейнах рек Таджикистана», ТаджикНИИГиМ, Душанбе, 2019, 45с.
 12. Торкил Джонч-Клаусен. ИУВР и планы повышения эффективности водопользования до 2025 года. Глобальное водное партнёрство (GWP), Технический комитет (ТЕС), 2004. – 24с.
 13. GWP & INBO (2009) A handbook for Intergrated Water Resources Management in Basins. Report of the Global Water Partnership and the International Network of Basin Organizations. Elanders Publishers, Sweden.
 14. World Bank (2009). Strategic Environmental Assessment-Improving Water Resources Governance and Decision Making: Case Studies, Paper No. 116., Washington, DC, USA.

НАЗАРИЯ ВА АМАЛИЯИ ИҚРОИ ПРИНЦИПҲОИ ИДОРАКУНИИ ҲАМГИРОЁНАИ ЗАХИРАҲОИ ОБ

Пулатов Я.Э.^{1*}, Пулатов Ш.Я.², Умарова Л.Д.², Азизов Д.Н.¹,
Исаев Д.А.¹, Рахматов Э.Н.¹, Эшонкулова З.У.¹, Абдуллаева П.Н.¹

¹Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

²Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш. Шотемур

*Муаллифи масъул. E-mail: tj_water@mail.ru

Шарҳи мухтасар. Дар мақола натиҷаҳои таҳлили назария ва амалияи татбиқи принципҳои идоракунии маҷмӯии захираҳои об оварда шудаанд. Таърихи консепсия ва рушди ИҲЗО тавсиф карда шуда, принципҳои асосии он, инчунин зинанизми амудӣ ва уфуқии муносибатҳои идоракунии захираҳои об тавсиф карда шудаанд. Дар қисми ниҳоии мақола манфиатҳои татбиқи принципҳои ИҲЗО тавсиф карда мешаванд.

Калидвожаҳо: идоракунии ҳамгиросудои захираҳои об (ИҲЗО), захираҳои об, принципҳо, таърихи ИБРМ, назария, амалия, робитаи мутақобила.

THEORY AND PRACTICE OF IMPLEMENTING THE PRINCIPLES OF INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT (IWRM)

**Pulatov Ya.E.^{1,*}, Pulatov Sh.Ya.², Umarova L.D.¹, Azizov D.N.¹,
Isaev D.A.¹, Rakhmatov E.N.¹, Eshonkulova Z.U.¹, Abdullaeva P.N.¹**

¹*Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan*

²*Tajik Agrarian University named after Sh. Shotemur*

*Corresponding author. E-mail: tj_water@mail.ru

Abstract. *The article presents the results of the analysis of the theory and practice of implementing the principles of integrated water resources management. The history of the concept and the development of IWRM are presented, its main principles are described, as well as the vertical and horizontal hierarchy of the relationship of water resources management. The final part of the article describes the benefits of implementing the principles of IWRM.*

Keywords: *integrated water resources management (IWRM), water resources, principles, history of IWRM, theory, practice, relationship.*

Маълумот оид ба муаллифони. Пулатов Яраш Эргашевич - доктори илмҳои кишоварзӣ, профессор, узви хориҷии Академияи илмҳои Русия, Институти проблемаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, мудири шӯбаи идоракунии захираҳои об ва обсарфанамоӣ. Тел: (+992) 11 117 7556, E-mail: tj_water@mail.ru; Пулатов Шавкат Ярашович – номзади илмҳои техникӣ, дотсент, мудири кафедраи мелиоратсия, таҷдидсозӣ ва ҳифзи замини Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш.Шоҳтемур. Тел.: (+992) 91 900 0660, E-mail: Sh_Pulatov@mail.ru; Умарова Лола Додоходжаевна — номзади илмҳои кишоварзӣ, дотсенти кафедраи мелиоратсия, таҷдидсозӣ ва ҳифзи замини Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш.Шоҳтемур. Тел: (+992) 90 707 3558, E-mail: lolaumarova58@mail.ru; Азизов Далер Нематҷонович – Институти проблемаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, ходими илми шӯбаи идоракунии захираҳои об ва обсарфанамоӣ. Тел: (+992) 98 776 1004, E-mail: dalerazizov220888@gmail.com; Исаев Дҷамшед Алимдҷанович - Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, ходими калони илми бахши илмӣ-таҳлилий ва иттилоотӣ. Тел.: (+992) 93 534 7834, E-mail: isajam@mail.ru; Раҳматов Эмомали Начмиддинович. - Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи милли илмҳои Тоҷикистон, Докторанти-PhD курси 3. Тел: (+992) 90 655 5562, E-mail: Emomali_rahmatov@mail.ru; Эшанкулова Зарина Убайдуллаевна Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи милли илмҳои Тоҷикистон, наҷдидсозӣ ва ҳифзи замини Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш.Шоҳтемур. Тел.: (+992) 91 913 5434, E-mail: tj_water@mail.ru; Абдуллоева Парвина Нуруллоевна - Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи милли илмҳои Тоҷикистон, младши наҷдидсозӣ ва ҳифзи замини Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш.Шоҳтемур. Тел.: (+992) 906555562, E-mail: tj_water@mail.ru

Сведениа об авторах. Пулатов Яраш Эргашевич – доктор селъкохознаҷдидсозӣ ва ҳифзи замини Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш.Шоҳтемур, профессор, Иностранный член Российской академии наук. Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, заведующий отделом управления водными ресурсами и водосбережения. Тел.: (+992) 11 117 7556, E-mail: tj_water@mail.ru; Пулатов Шавкат Ярашович - кандидат технических наук, доцент, Таджикский аграрный университет имени Ш.Шотемур, заведующий кафедрой мелиорации, рекультивации и охраны земель. Тел: (+992)91 900 0660, E-mail: Sh_Pulatov@mail.ru; Умарова Лола Додоходжаевна - кандидат сельскохозяйственных наук, Таджикский аграрный университет имени Ш.Шотемур, доцент кафедры мелиорации, рекультивации и охраны земель. Тел: (+992) 90 707 3558, E-mail: lolaumarova58@mail.ru, Азизов Далер Нематҷонович – Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, наҷдидсозӣ ва ҳифзи замини Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш.Шоҳтемур, наҷдидсозӣ ва ҳифзи замини Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш.Шоҳтемур. Тел.: (+992) 98 776 1004, E-mail: dalerazizov220888@gmail.com, Исаев Дҷамшед Алимдҷанович – Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, старший научный сотрудник научно-аналитического и информационного сектора. Тел: (+992) 93 534 7834, E-mail: isajam@mail.ru; Раҳматов Эмомали Надҷмиддинович - Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, докторант-PhD, 3 курс Тел.: (+992) 90 655 5562, E-mail: Emomali_rahmatov@mail.ru; Эшанкулова Зарина Убайдуллаевна - Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, наҷдидсозӣ ва ҳифзи замини Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш.Шоҳтемур. Тел.: (+992) 91 913 5434, E-mail: tj_water@mail.ru; Абдуллоева Парвина Нуруллоевна - Институт водных

проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, младший научный сотрудник отдела гидротехнических сооружений. Тел: (+992) 90 655 5562, E-mail: tj_water@mail.ru

Information about the author. Pulatov Yarash Ergashevich – Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Head of the Department of Water Resources Management and Water Saving, Foreign Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor. Tel.: (+992)11 117 7556, E-mail: tj_water@mail.ru; Pulatov Shavkat Yarashovich – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of melioration, recultivation and land protection of the Tajik agrarian University named after Sh. Shotemur. Address: 734003, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki avenue, 146. Tel.: (+992) 91 900 0660, E-mail: Sh._Pulatov@mail.ru; Umarova Lola Dodokhodjaevna - candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of melioration, reclamation and protection of lands of the Tajik Agrarian University named after Sh. Shotemur. Address: 734003, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Ave., 146. Tel.: (+992) 90 707 3558, E-mail: lolamarova58@mail.ru, Azizov Daler Nematzhonovich – Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Researcher, of the Department of Water Resources Management and Water Saving, Tel.: (+992) 98 776 1004, E mail: - dalerazizov220888@gmail.com, Isaev Jamshed Alimzhanovich – Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, senior researcher, of scientific-analytical and information sector. Tel.: (+992) 93 534 7834, E mail: isajam@mail.ru; Rahmatov Emomali Najmiddinovich - Doctoral student-PhD course 3, Institute of Water, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Tel: (+992) 90 655 5562, E-mail: Emomali_rahmatov@mail.ru; Eshankulova Zarina Ubaydullaevna - Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, researcher in the department of hydraulic structures. Tel.: (+992) 919135434, E-mail: tj_water@mail.ru, Abdulloeva Parvina Nurulloevna - Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, junior researcher in the department of hydraulic structures. Tel: (+992) 90 655 5562, E-mail: tj_water@mail.ru

УДК 551.324.63

ДИНАМИКА И БО МОРЕНА ПУШИДАШАВИИ ПИРЯХИ ҚИЗИЛСУ

Давлятова А.Х.^{1,*}

¹Муассисаи давлатии илмии “Маркази омӯзишии пиряхҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон”

*Муаллифи масъул. E-mail: cryosphereadolat@gmail.com

Шарҳи мухтасар. Ҳадафи таҳқиқот ин омӯзишии сатҳи бо моренна пушидаи забонаи пиряхи Қизилсу бо усули зондиронии фосилавии замин дар давраи солҳои 1994 - 2021 дар шароити тағйирёбии иқлим мебошад. Барои ин тасвирҳои моҳвораи LANDSAT 5LT (1994), LANDSAT 8OLI (2021) ва барномаи Arcstar 10.5 истифода гардидаанд. Таҳлилҳо нишон доданд, ки масоҳати умумии қисми пушидаи пиряхи Қизилсу соли 1994 дар маҷмӯъ 2,02 км² буда, то соли 2021 ба 2,2 км² расидааст. Бо ҳисоби миёна масоҳати умумии қисми пушидаи пиряхи Қизилсу 8,9% афзоиши ёфтааст.

Калидвожаҳо: морена, минтақаи аблятсионӣ, пиряхи Қизилсу, дарёи Муқсу, иқлим, ҳарорати ҳаво, миқдори боришот, тасвирҳои моҳворагӣ, Arcstar 10.5.

Муқаддима

Дар замони муосир кам шудани бо-ришоти саҳти атмосферӣ ва баланд гардидани ҳарорати ҳаво дар тамоми кураи замин боиси коҳишёбӣ ва аз байн рафтани пиряхҳо аз ҷумла пиряхҳои куҳӣ гардидаанд [1]. Бо назардошти он, ки захираи оби пиряхҳо дар аксари минтақаҳои олам барои таъмини аҳоли ва рушди саноат нақши басоҳам муҳим дорад, ба миён гузоштани мушкилоти тавсифи омӯзиши

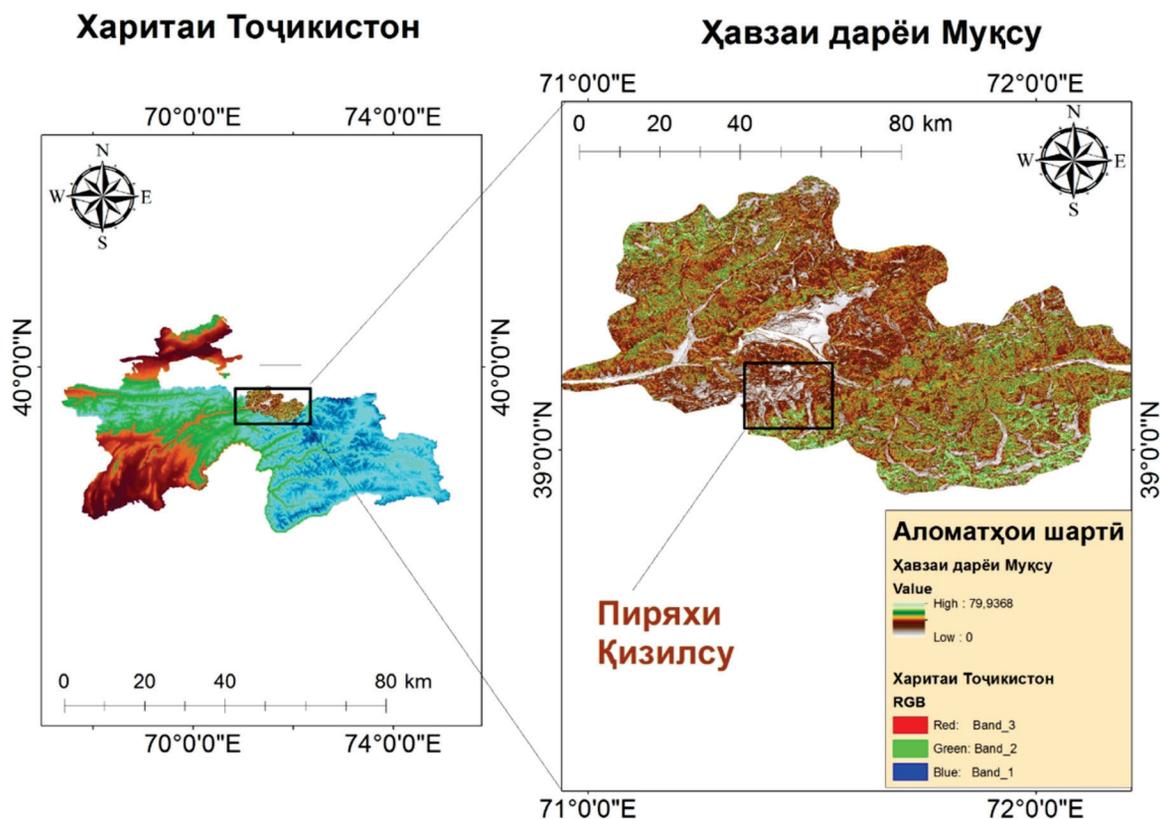
вазъи навини пиряхҳо ва махсусан омӯзиши минтақаи аблятсионии пирях хело ҳам ба маврид мебошад. Далели муҳим арзёбӣ гардидани омӯзиши минтақаи аблятсионии пирях дар он аст, ки дар ин минтақа омӯзиши механизм ва тамоюли яхе, ки бо морена пушида шудааст, муайян карда мешавад. Яке аз хосиятҳои хоси марбут ба пиряхҳои кӯҳӣ ин қисми поёнии фаъоли пирях мебошад, ки дар ин минтақа суръати обшавии яхи пиряхро

ба таври қатъӣ муайян кардан мумкин аст. Омӯзиши ин робита мафҳуми илмӣ ва амалӣ дошта, ду чихатро дар бар мегирад. Аввал ин ки моренаҳои рӯйзаминӣ сабаби пайдоиши минтақаи массаи мувозинатӣ дар пирахҳо мегарданд, дуюм ки бузургии ҳаҷми обе, ки аз пирахҳо чорӣ мегардад, ба ғафсии қабати морена дар забонаи пирах вобаста аст. Сатҳи тунуки моренна суръати обшавии яхи зери онро метезонад ва баръакс қабати ғафси сатҳи моренна чараёни коҳишёбии яхи дар зери морена хобидаро суфт ва қатъ мегардонад [2-6].

Мақсади таҳқиқот. Ҳадаф аз гузаронидани таҳқиқоти мазкур - ин омӯхтани моренаи сатҳи забонаи пираҳи Қизилсу ва яхи дар зери маренаҳои мазкур хобида мебошад. Бо усули зондиркунонии фосилавии замин ва тадқиқотҳои саҳроӣ, коҳишёбии яхи дар зери морена хобида ва яхи озод аз морена омӯхта ва муайян карда шуд.

Минтақаи омӯзиш

Пираҳи Қизилсу яке аз шохобҳои таърифи чапи дарёи Муқсу ба шумор рафта, дар нишебҳои шимолу ғарбии қаторкуҳҳои Пётри Якум ҷойгир шудааст. Тибқи Феҳристи пирахҳои Иттиҳоди ҷумҳуриҳои Шуравии Сотсиалистӣ пирахи Қизилсу ба № 825 рақамгузорӣ гардида, номи "Қизилсу"-ро гирифтааст. Аз чихати ҷойгиршавӣ пирах водигӣ буда, ба экспозитсияи Шимолу Ғарбӣ дохил мегардад[3]. Дарозии максималии пирах 9,0 км ва дарозии қисми кушодаи он 5,9 км, масоҳати умумии он 8,2 км² -ро ташкил медиҳад. Нуқтаи пастрарини забонаи пирах дар баландии 3340 метр ва нуқтаи баландтарини он ба 5300 метр аз сатҳи баҳр баробар аст. Хати фирнавӣ дар пирах мазкур дар баландии 4280 метр қарор дошта, масоҳати умумии минтақаи абилятсияи он 3,7 км² -ро дар бар мегирад.



Расми 1. Минтақаи омӯзиши пирахи Қизилсу.

Усулҳои корӣ

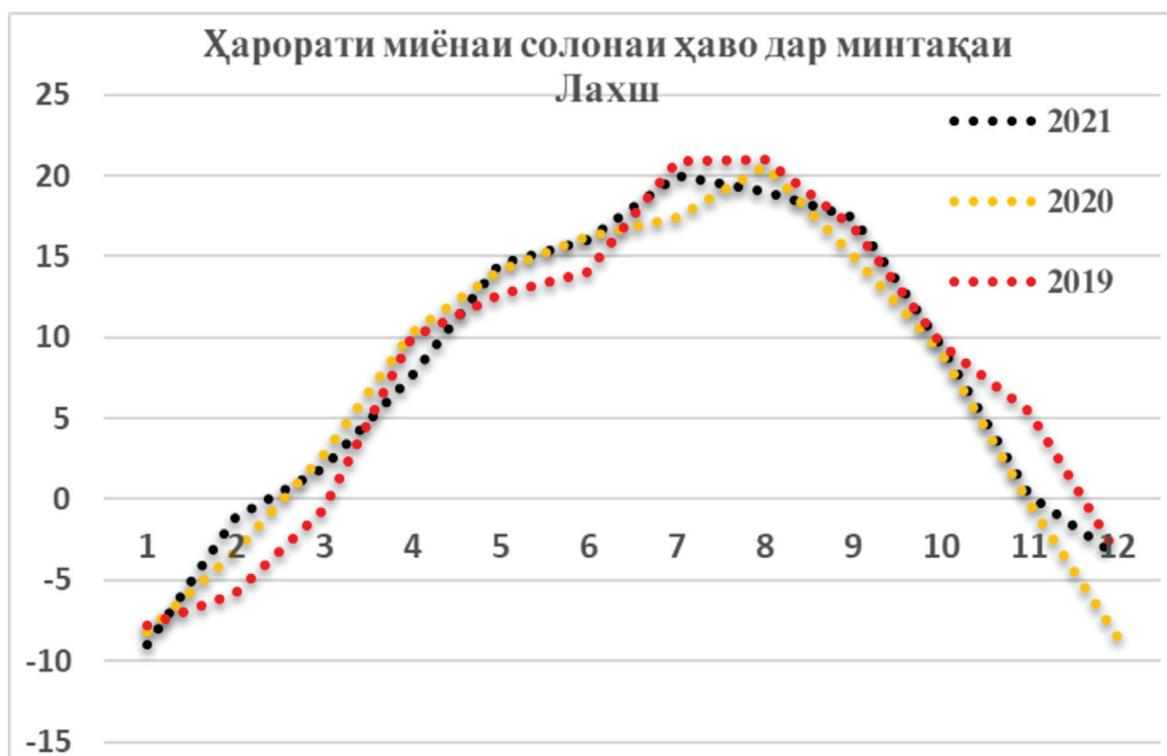
Дар рафти омӯзиши моренаҳои сатҳи болои пирахии Қизилсу бо мақсади муайян намудани вазъи имрӯзаи масоҳати пирахҳо аз тариқи усулҳои Зондиркунонии фосилавии замин тавассути тасвирҳои мохворагии дорои ҳалли гуногуни фазоии мохвораҳои LANDSAT 5LT (1994) ва LANDSAT 8OLI (2021) ба сохтори ягонаи координатаҳои WGS 1984 UTM Zone 42N табдил дода шуда, дар барномаи ArcMap 10.5 таҳлил карда шуда, барои ҳисоб кардани тағйирот дар қисмати пӯшидаи забонаи пирахии Қизилсу ва арзёбии мавқеи аксҳои онҳо дар давраи аз соли 1994 то 2021 истифода карда шуданд.

Шароити иқлимии ҳавзаи дарёи Муксу - пирахии Қизилсу

Мувофиқи таснифоти иқлимии М. И. Будико [3] ва А. А. Григорев [3] ҳавзаи дарёи Муксу ба минтақаи Осиёи Миёна (Баҳри Миёназамин) тааллуқ дошта, иқлими хушк дорад. Минтақаи мазкур дорои тобистони гарми муътадил ва зимистони сарди муътадил ба ҳисоб меравад.

Шароити иқлимии ҳавзаи дарёи Муксу дар натиҷаи таъсири мутақобилаи як қатор омилҳои ба вучуд меояд, ки бо ҷойгиршавии ҷуғрофӣ, сохтори рӯйзаминӣ ва гардиши атмосфераи марбут ба он, инчунин радиатсияи офтоб муайян карда мешаванд [3-4].

Ҳарорати ҳаво. Вобаста ба баландӣ ва релефи мураккаби минтақаи корӣ ҳарорати ҳаво тағйир ёфта меистад. Мисол ҳавои гарми муқаррарӣ дар баландҳои 2000 – 3000 метр аз сатҳи баҳр дар охири моҳи март ва аввали моҳи апрел ва дар баландҳои зиёда аз 4000 метр, дар нимаи дууми моҳи июн ба қайд гирифта мешавад. Гузариши ҳарорати ҳаво аз 0°C ба қимати манфӣ дар минтақаҳои поёнӣ дар аввали моҳи ноябр ва дар минтақаҳои болоӣ бошад, дар нимаи моҳи сентябр мушоҳида мешавад. Хамин тавр, давраи абилатсионӣ дар пирахҳои ҳавзаи дарёи Муксу амалан ба се моҳи тобистон мувофиқ меояд. Моҳи гармтарини минтақа моҳи август ва моҳи сардтарини он моҳи январ ба ҳисоб меравад [3].



Расми 2. Ҳарорати миёнаи солонаи ҳаво дар давоми солҳои 2019 – 2021 мувофиқ ба маълумоти пойгоҳи обхавоченкунии “Лахш”, гр5 [9].

Бо истифода аз маълумоти метеорологии метеостансияи “Лахш” ҳолати метеорологии минтақа муайян карда шуд. Маълум гардид, ки дар давоми солҳои 2019 то 2021 ҳарорати ҳаво муқаррарӣ буда, ягон тағйироти ҷиддӣ дида намешавад. Ҳарорати пасттарини миёнаи солонаи ҳаво дар солҳои 2020 – 2021 ба -9°C ва ҳарорати гармтарини миёнаи солонаи ҳаво дар ҳамин давра то ба $+20^{\circ}\text{C}$ мерасад. Танҳо соли 2019 ҳарорати миёнаи солонаи ҳаво $+21^{\circ}\text{C}$ ба қайд гирифта шудааст.

Миқдори боришот. Тақсими боришот аз рӯи ҷағҳояти склонӣ ва хусусияти сатҳи зеризаминӣ муайян карда мешавад. Миқдори асосии боришотро дар минтақаи склонҳои Каспий Чанубӣ, Мурғоб ва Амударёи боло, инчунин миқдори ҳавоӣ хуноки аз тарафи ғарб ва шимолу ғарб ҳаракаткунанда ба вуҷуд меоянд [3].



Расми 3. Ҷамъии солонаи боришот дар давоми солҳои 2019 – 2021 мувофиқ ба маълумоти истиғохи обухавоченкунии “Лахш”, ҒР5 [9].

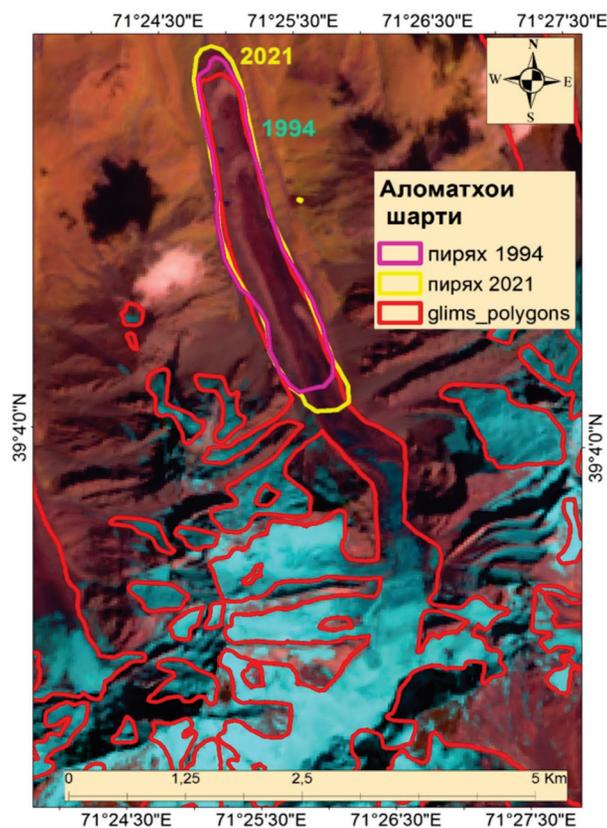
Миқдори солонаи боришот дар минтақа мувофиқ ба маълумоти метеостансияи “Лахш” дар давоми солҳои 2019 - 2021 гуногун буда, дар ҳар се давраи додашуда, аз меъёр кам ба назар мерасад. Меъёри ҷамъии боришот дар минтақаи Лахш дар баландии 2000 метр ба 395,2 мм муайян карда шудааст. Натиҷаи таҳқиқот дар ин самт нишон медиҳад, ки ҷамъии солонаи боришот дар толи солҳои 2019 ба $-4,5\%$, 2020 ба $-1,9\%$ ва соли 2021 ба $-18,5\%$ -ро ташкил додааст. Аз ин ҷо маълум мегардад, ки соли хушктарини минтақа ба соли

2021 мувофиқ омада, ҷамъии боришот ҳамагӣ 322 мм -ро дар давоми сол ташкил додааст.

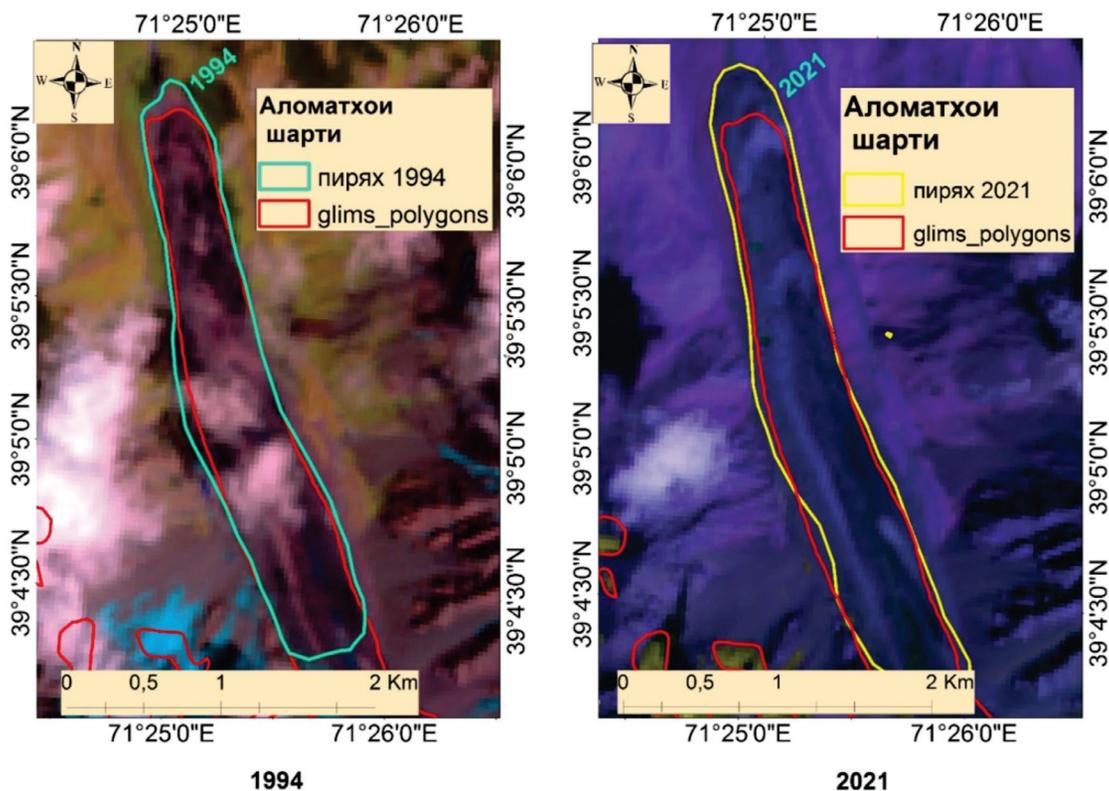
Натиҷа

Пиряхи Қизилсу аз минтақаи ғизогирӣ ва забона иборат буда, дарозии максималии пирях 9 км, дарозии минтақаи ғизогирии пирях 5,9 км ва дарозии забонаи он 3,1 км -ро дар бар мегирад [9]. Масоҳати умумии пирях $8,2\text{ км}^2$, масоҳати минтақаи ғизогирии пирях $4,5\text{ км}^2$ ва масоҳати забонаи он $3,7\text{ км}^2$ -ро ташкил медиҳад [3].

Дар рафти таҳқиқот минтакаи абилятсионии пириях ва минтакаи пурра бо морена пӯшидаи он омӯхта шуда, муайян гардид, ки аз соли 1994 то соли 2021 қисми пӯшидаи пириях ба масофаи 142 метр ба пеш ҳаракат намудааст. Инчунин минтакаи кушодаи пирияхи Қизилсу 272 метр оқибнишинӣ намуда, масофаи минтакаи пӯшидаи онро дар соли 2021 зиёд намудааст. Бинобар ин масофаи умумии қисми пӯшидаи пириях соли 1994 ҳамагӣ ба 3,9 км баробар буда, то соли 2021 ба 4,3 км расидааст. Масоҳати умумии қисми пӯшидаи пирияхи Қизилсу соли 1994 ба 2,02 км² баробар буда, то соли 2021 ба 2,2 км² расидааст.



Расми 4. Ҳолати қисми пӯшидаи пирияхи Қизилсу бо усули зондиронӣ -фосилавӣ дар давраи солҳои 1994-2021.



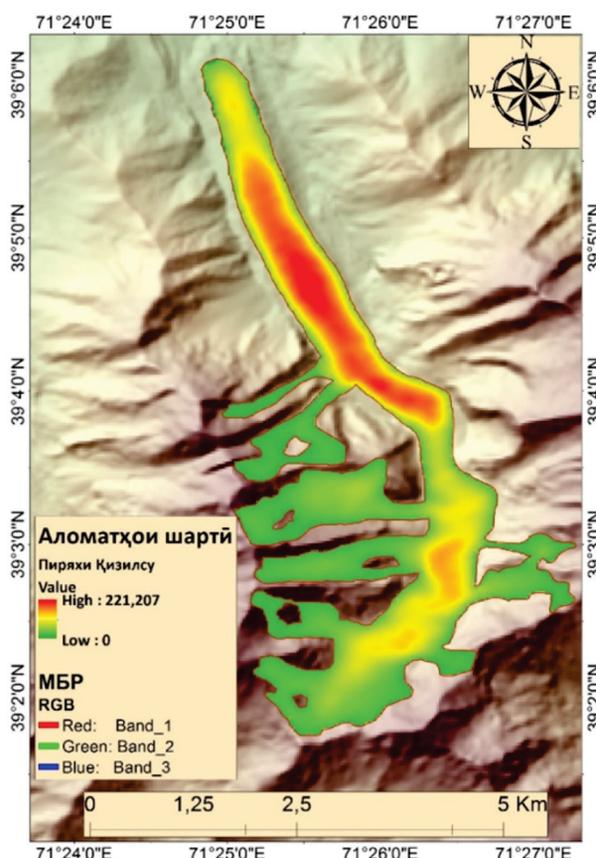
Расми 5. Пешравии забонаи пирияхи Қизилсу ва оқибравии қисми кушодаи он дар тӯли солҳои 1994-2021.

Чадвали 1. Афзоишёбии масоҳати қисми пӯшидаи
пиряхи Қизилсу дар давоми солҳои 1994-2021.

Солҳо	Масоҳати умумии пиряхи Қизилсу		Коҳишёбии дар қисми кушодаи пирях	Пешравӣ дар қисми пӯшидаи пирях
	Қисми кушодаи пирях, км ²	Қисми пӯшидаи пирях, км ²	%	%
1994	6,4	2,02		
2021	6,2	2,2	-3,1	+8,9

Ноғуфта намонад, ки пиряхи Қизилсу пиряхи ҳаракаткунанда буда, мувофиқи чадвали пиряхҳои набзии Шетиников А.С.[5] ба дараҷаи 2-юми пиряхҳои набзонӣ дохил мегардад ва хосияти дохили-набзӣ дошта, ҳаракати онро бо чашми одӣ пай бурдан ғайри имкон буда, танҳо тавассути тасвирҳои моҳворагӣ метавон ҳаракатҳои пиряхро муайян кард. Одатан ҳаракати забонаи пиряхи Қизилсу аз баландии 4183 метр шуруъ мегардад ва мувофиқи тавоноии пирях ба пеш ҳаракат менамояд. Натиҷаи таҳқиқоти фосилавӣ гувоҳи онанд, ки пиряхи Қизилсу шуруъ аз соли 2020 дар ҳоли ҳаракат буда, феврал ҳам ҳаракати он идома дорад. Охири забонаи пирях солҳои 2020 дар баландии 3658 метр аз сатҳи баҳр, 2021 дар баландии 3639 метр, 2022 дар баландии 3514 метр ва соли 2023 дар баландии 3497 метр қарор дорад.

Вобаста ба масоҳати умумӣ ва ғафсии миёнаи қабати пирях ҳаҷми пиряхи қизилсу муайян карда шуд. Маълум гардид, ки ғафсии максималии ях дар пиряхи Қизилсу 221,2 метр ва ғафсии миёнаи он 73,5 метр мебошад. Бо истифода аз технологияи нав тавассути Барномаи байналмилалии “Тавсифи мувофиқаи тақсимои ғафсии яхи пиряхҳо дар қураи Замин” [8] ва ҳаҷми пиряхи Қизилсу ҳисоб карда шуд. Ҳаҷми умумии пиряхи Қизилсу бо ҳисоби усули дар боло зикр гардида ба 0,624 км³ баробар гардид[7-8]. Бояд қайд кард, ки натиҷаи бадастомада бо натиҷаи дар Феҳристи пиряхҳои ИҶШС оварда шуда муқоиса карда шуда, маълум гардид, ки



Расми 6. Муайянкунии ғафсии ях дар пиряхи Қизилсу тавассути Барномаи “Тавсифи мувофиқаи тақсимои ғафсии яхи пиряхҳо дар қураи Замин” ва барномаи Агстар.

ҳаҷми пиряхи Қизилсу дар Феҳристи пиряхҳои ИҶШС ба 0,634 км³ баробар аст. Ҳаҷми пиряхҳо дар Феҳристи пиряхҳои ИҶШС бо тарзи формулаи Н. В. Ерасов [3] муайян карда шудааст:

$$V=0.027F^{1.5}$$

Дар инҷо F – масоҳати пирях мебошад [3].

Натиҷаи дар Феҳристи пирияхҳои ИҚШС бо натиҷаи бо технологияи замонавӣ ба даст оварда шуда монанд буда, танҳо $0,01\text{ км}^3$ камтар аст. Аз сабабе ки Феҳристи пирияхҳои ИҚШС дар ҳавзаи дарёи Муқсу солҳои 1973-1979 - ро дар бар мегирад, гуфта метавонем, ки тули 50 соли охир 10 м^3 ҳаҷми пирияхи Қизилсу аз байн рафтааст.

Хулоса

Хулласи калом метавон зикр намуд, ки пирияхи Қизилсу (№ 825) яке аз шохобҳои поёноби дарёи Муқсу ба шумор рафта, шакли морфологии он водигӣ буда, дар минтақаи шимолу ғарбии ҳавза ҷойгир шудааст. Ҳарорати пастрарини миёнаи солони ҳаво дар солҳои 2020 - 2021 ба $-9\text{ }^\circ\text{C}$ ва ҳарорати гармтарини миёнаи солони ҳаво дар ҳамин давра то ба $+20\text{ }^\circ\text{C}$ мерасад. Танҳо соли 2019 ҳарорати миёнаи солони ҳаво $+21\text{ }^\circ\text{C}$ ба қайд гирифта шудааст.

Микдори солони боришот дар минтақа мувофиқ ба маълумоти метеостансияи “Лахш” дар давоми солҳои 2019 - 2021 гуногун буда, дар ҳар се давраи додасида, аз меъёр кам ба назар расида, бо ҳисоби фоиз меъёри ками боришоти додасида дар солҳои 2019 ба - 4,5%, 2020 ба - 1,9 % ва соли 2021 ба - 18,5% баробар мебошад.

Дар рафти таҳқиқот қисми пӯшидаи забонаи пирияхи Қизилсу омӯхта шуда, маълум гардид, ки 4,3 км- и забонаи пирияхи Қизилсу бо моренна пушида шудааст. Муайян карда шуд, ки дар давоми солҳои 1994-2021 қисми кушодаи пириях ба масофаи 272 метр ақибнишинӣ намуда, қисми пӯшидаи он баръакс ба масофаи 142 метр ба пеш ҳаракат намудааст.

Ғафсии максималии пирияхи Қизилсу 221,2 метр, ғафсии миёнаи он 73,5 метр ва

ҳаҷми умумии он $0,624\text{ км}^3$ - ро ташкил медиҳад. Ҳаҷми пирияхи Қизилсу мувофиқи маълумоти Феҳристи пирияхҳои ИҚШС ба $0,634\text{ км}^3$ баробар буда, агар бо маълумоти нав ба даст омада муқоиса намоем $0,01\text{ км}^3$ ҳаҷми пириях аз байн рафтааст.

Адабиёт

1. Наврузшоев, Х. Д. Деградация ледников южного склона Рушанского хребта по космическим снимкам и Каталогу ледников СССР / Х. Д. Наврузшоев // – Известия АНРТ. – 2020. – №. 4 (181). – С. 137-147.
2. Коновалов, В. Г. Определение характеристик ледников по данным дистанционного зондирования (ДЗЗ) / В. Г. Коновалов, В. А. Рудаков // - Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. – 2015. – Т. 8. – №. 1. – С. 98 - 107.
3. Каталог ледников СССР. -Том 14. Выпуск 3. Амударья. часть 11. Бассейн реки Ванч. – Гидрометеиздат. -1978 г.
4. Каюмов, А. Третье национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата / А. Каюмов, В.Новиков // Душанбе. - 2014. – 167 с.
5. Осипова, Г. Б. и др. Каталог пульсирующих ледников Памира / Г. Б. Осипова и др. // - Материалы гляциологических исследований. – 1998. – №. 85. – С. 3 - 136.
6. Резепкин, А. А. Поверхностная морена как фактор эволюции горного ледника : автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.31 / А. А. Резепкин// -Москва. -2013.
7. Мачерет, Ю. Я. и др. Об оценке объёма льда горных ледников/ Ю. Я. Мачерет // - Лёд и Снег. – 2015. – Т. 53. – №. 1. – С. 5-15.
8. Консенсусная оценка распределения толщины льда всех ледников на Земле - набор данных. //https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/315707
9. <https://docs.oggm.org/en/stable/assets.html#shapefiles-of-glacier-centerlines-flowlines-and-widths>.
10. Погода в Душанбе. Таджикистан. // <https://rp5.ru/> (Дата обращения 11 сентября 2024 года).

ДИНАМИКА МОРЕННОГО ПОКРОВА ЛЕДНИКА КИЗИЛСУ

Давлятова А.Х.^{1,*}

¹Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников Национальной Академии наук Таджикистана»

*Автор-корреспондент. E-mail: cryosphereadolat@gmail.com

Аннотация. Цель исследования – изучение покрытой мореной языковой поверхности ледника Кызылсу методом дистанционного зондирования в период 1994-2021 годов в условиях изменения климата. Для этого использовались спутниковые снимки LANDSAT 5LT (1994 г.) и LANDSAT 8OLI (2021 г.) и программа Arcgis10.5. Анализы показали, что общая площадь закрытой части ледника Кызылсу в 1994 году составляла 2,02 км², а к 2021 году достигнет 2,2 км². В среднем общая площадь закрытой части ледника Кызылсу увеличилась на 8,9%.

Ключевые слова: морена, зона абляции, ледник Кызылсу, река Муксу, климат, температура воздуха, осадки, космические снимки, ArcMap10.5.

DYNAMICS OF THE MORAINE COVER OF THE KYZILSU GLACIER

Davlyatova A.K.^{1,*}

¹State Scientific Institution «Center for Research of Glaciers of the National Academy of Sciences of the Tajikistan»

*Corresponding author. E-mail: cryosphereadolat@gmail.com

Abstract. The study examines the moraine-covered tongue surface of the Kyzylsu glacier using remote sensing data from 1994-2021 under climate change conditions. For this purpose, satellite images of LANDSAT 5LT (1994) and LANDSAT 8OLI (2021) and the Arcmap 10.5 program were used. Analyzes showed that the total area of the closed part of the Kyzylsu glacier in 1994 was 2.02 km², and by 2021 it will reach 2.2 km². On average, the total area of the closed part of the Kyzylsu glacier increased by 8.9%.

Keywords: moraine, ablation zone, Kyzylsu glacier, Muksu river, climate, air temperature, precipitation, satellite images, ArcMap 10.5.

Маълумот оид ба муаллиф. Давлятова Адолат Хуршедовна – ходими илми шубъаи Мониторинги пираххо, криосфера, гляциология ва ГИС-Технологияи МДИ “Маркази омӯзиши пирахҳои АМИТ”, Тел.: (+992) 93 776 9500, E-mail: cryosphereadolat@gmail.com.

Сведения об авторе. Давлятова Адолат Хуршедовна – Научный сотрудник отдела «Мониторинг ледников, криосферы, гляциологии и ГИС-технологий» ГНУ «Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана». Тел.: (+992) 93 776 9500, E-mail: cryosphereadolat@gmail.com.

Information about the author. Davlyatova Adolat – Researcher, Department of Monitoring of Glaciers, Cryosphere, Glaciology and GIS Technologies, State Scientific Institution "Center for Glacier Research of the National Academy of Sciences of Tajikistan". Email: cryosphereadolat@gmail.com Tel.: (+992) 93 776 9500, E-mail: cryosphereadolat@gmail.com.

УДК 551.324.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ БАЛАНСА МАССЫ ЛЕДНИКА №139 БАССЕЙНА ОЗЕРА КАРАКУЛЬ ВОСТОЧНОГО ПАМИРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ SMB

Кабутов Х.К.¹, Амирзода О.Х.^{2*}, Шерализода Н.Ш.¹,
Mattea E.³, Saks T.³, Абдуллоева П.Н.²

¹Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана»

²Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана

³Фрибурский университет (Швейцария)

*Автор-корреспондент. E-mail: orif2000@mail.ru

Аннотация. В данной статье отражены результаты моделирования баланса массы ледников на Восточном Памире в Бассейне озера Каракуль. Моделирование было проведено с использованием метеорологических данных и полевых исследований, которые были проведены непосредственно на леднике №139, находящегося в бассейне озера Каракуль Восточного Памира. Измерение баланса массы ледника №139 за 2018-2019 гг. демонстрирует отрицательный годовой баланс массы $-0,172$ м в.э., а моделирование баланса массы ледников бассейна реки Сарыгун, одного из притоков бассейна озера Каракуль, показал общий отрицательный баланс массы ($bt = -0.152$ м.в.э.).

Ключевые слова: гляциология, озеро Каракуль, Восточный Памир, моделирование баланса массы.

Введение

Рост населения и развитие экономики напрямую влияет на водопотребление, прогнозирование водных ресурсов и играет важную роль для будущего. Интенсивное таяние ледников является острой проблемой для многих стран мира.

Исследования динамики и баланса массы ледников в различных горных регионах мира играют важную роль в понимании процессов, происходящих в криосфере под влиянием изменения климата [1].

Будущее изменение климата в региональных масштабах не всегда совпадают с глобальными изменениями. Сложно прогнозировать региональное изменение климата, когда сами глобальные климатические изменения основаны на тех или иных климатических сценариях и являются достаточно спорными. Однако в странах, которые находятся в горных и предгорных регионах и социально экономические инфраструктуры сильно зависят от использования водных ресурсов, нуждаются в научно обоснованных долгосрочных планированиях водопотребле-

ния. Для этого необходим также правильный прогноз ледникового стока, данный прогноз напрямую связан с прогнозированием изменения баланса массы ледников, которая дополняется вероятным региональным климатическим изменением.

Одной из главных проблем в экстремальных расчётах прогнозирования является отсутствие или недостаток прямых наблюдений, которые связаны с труднодоступностью и дороговизне проведения исследований [2]. Прогноз эволюции оледенения необходим для стратегического планирования и оценки риска возникновения опасных природных явлений [3].

Надёжные прогностические оценки изменения оледенения невозможны без использования методов математического моделирования [4]. Для корректного прогнозирования эволюции ледников требуется детальная информация об отклике оледенения на современные и прошлые изменения климата [5]. Такую информацию могут дать как прямые наблюдения за балансом массы, так и моделирование массообмена ледника. Математическое

моделирование компонентов баланса массы ледников применяется для решения широкого круга задач [6]. Статистическое моделирование и реконструкция сезонных объёмов речного стока и составляющих годового баланса массы ледников могут быть использованы при проектировании ГЭС, обосновании строительства водохранилищ, многолетнего регулирования стока, совершенствовании методов сверхдолгосрочных гидрологических и гляциологических прогнозов, а также для развития информационной и научно-методической базы региональных гидролого-гляциологических исследований [7].

На леднике №139 (Зулмарт) измерения баланса массы ледника начались в 2018 году, на данном леднике проводятся непрерывные наблюдения за балансом массы и эти данные позволяют нам проводить моделирование и реконструкцию баланса

массы данного ледника. Для моделирования мы использовали как метеорологические данные, так и данные полученные путём проведения экспедиционных работ.

При моделировании была использована модель SMB, которая является продуктом Швейцарского университета во Фрейбурге, а разработчиком этой модели является Энрико Матте.

Для моделирования баланса массы были использованы такие данные как таяние ледника в зоне абляции, которые были получены путём установки абляционных реек и накопления снега в зоне аккумуляции путём проведения измерений в шурфе, выкопанном в зоне аккумуляции. Также для моделирования мы использовали метеоданные, которые были получены с общедоступного сайта gr5 [8], где можно получить многолетние метеоданные.

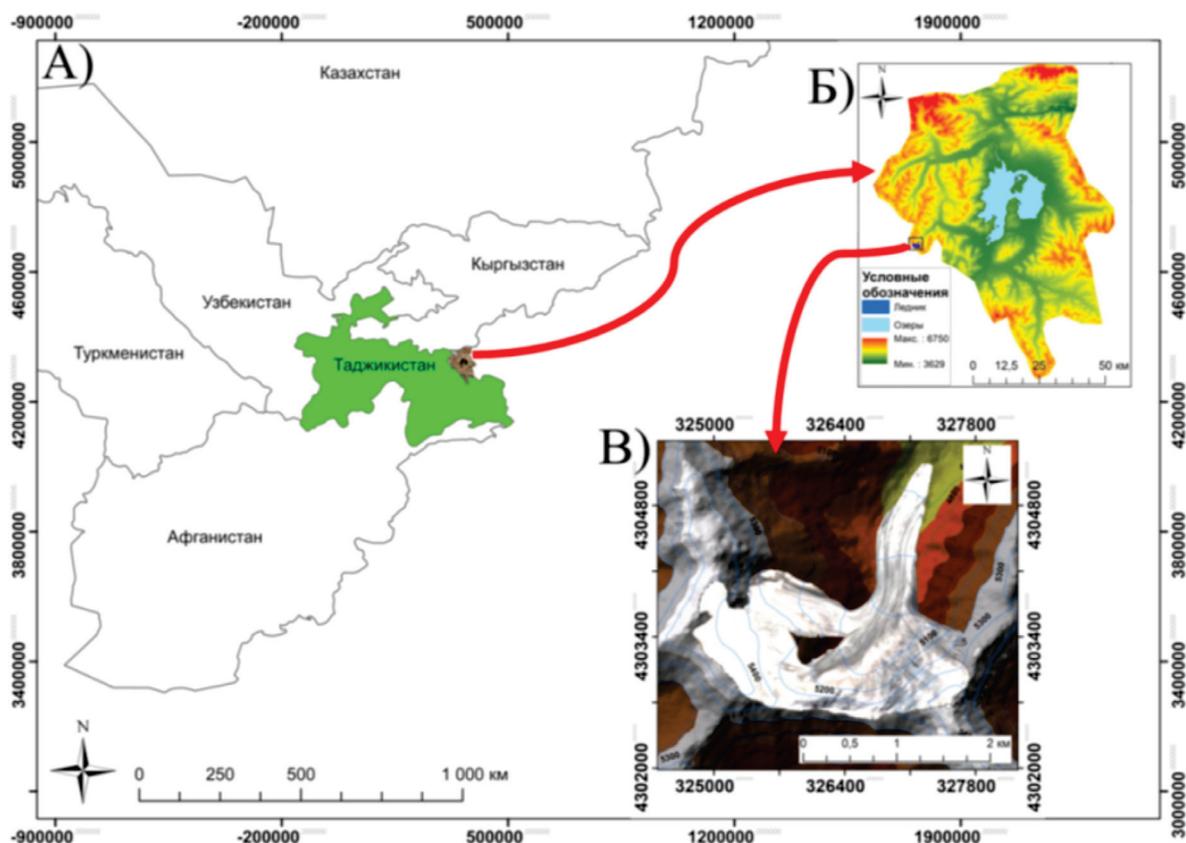


Рисунок 1. Объект исследования: А) Средняя Азия (<https://tapiquen-sig.jimdo.com/english-version/free-downloads/world/>) 30.10.2019; Б) Бассейн оз. Каракуль (радарный снимок SRTM); В) Ледник №139 (Снимок Sentinel 2, радарный снимок ALOSPALSAR) [9].

Другие данные, которые необходимы для моделирования, модель формирует автоматически, используя имеющиеся у себя модули. Данная модель имеет около 70 модулей, которые отвечают за сбор, анализ и вывод данных, тем самым уменьшая риски ошибок, которые может допустить человек. Необходимо заметить, что данная модель имеет функцию, которая определяет степень таяния ледника под мореным чехлом, что улучшает качество моделирования на подобных ледниках.

Место и объект исследования

Объектом исследования является ледник Восточный Зулмарт, который в каталоге ледников СССР бассейна озера Каракуль, обозначен как ледник №139 и далее этому леднику было присвоено имя Восточный Зулмарт. Ледник Восточный Зулмарт (№139) находится в западной части бассейна оз. Каракуль [9].

Водосбор бассейна озера Каракуль составляет 4210 км², оно находится в северной части Восточного Памира. Решающими климатическими факторами явля-

ется большая высота нагорья и его южное положение. Температурный режим Памирского нагорья не соответствует его широтному положению и характерен скорее для субарктических районов. Согласно данным метеостанции Каракуль, зимой заморозки достигают до -40°C, а летом, часто опускается ниже нуля [10].

Методы и инструменты

Данная модель требует инсталляции нескольких программ для корректной работы модели и подготовки входных файлов для моделирования, а также настройки модельных параметров.

Инсталляция. Необходимо установить программы в следующем порядке: установка программы R, затем RStudio и установить пакеты для R, которые используются моделью. Для установки необходимых пакетов R необходимо использовать программу `install_packages.R`, которая входит в пакет с моделью. Для этого необходимо открыть файл `install_packages.R` в RStudio и запустить программу (рисунок 2).

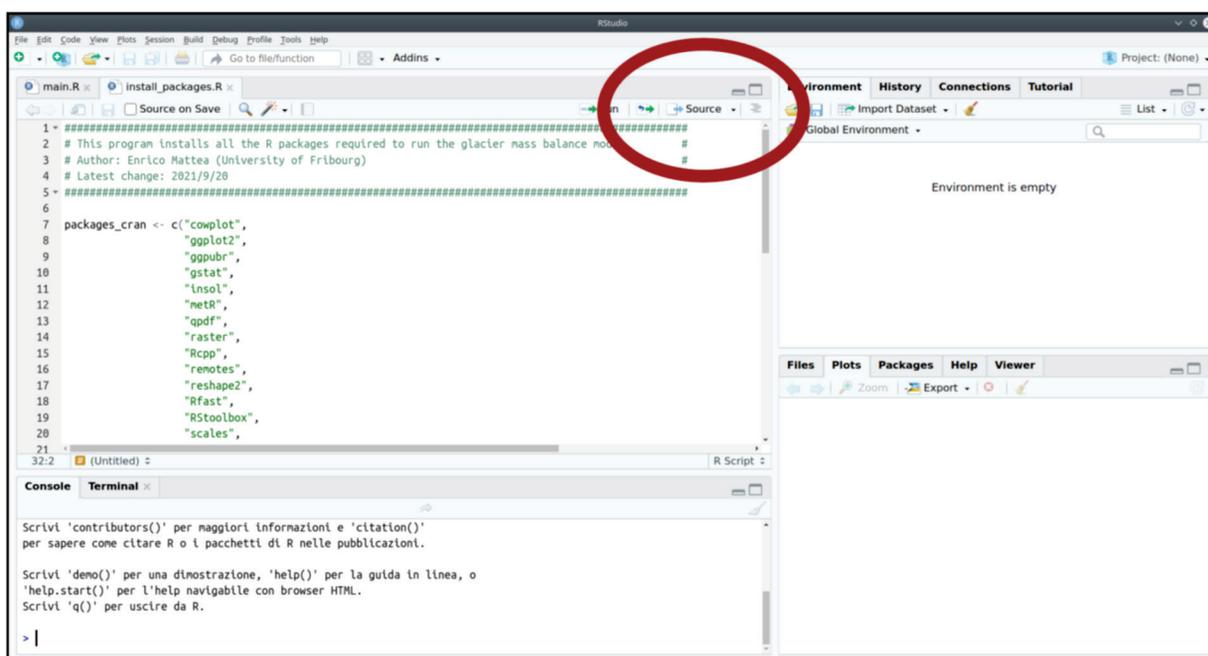


Рисунок 2. Кнопка Source в RStudio.

Входные файлы. Для моделирования необходимо подготовить такие входные данные как: текстовый файл с ежеднев-

ными метеорологическими данными, текстовый файл с измерениями баланса массы, контур ледника в векторном формате

(шейп-файл), сетка высот (называемая «ДНМ»: полный прямоугольник, покрывающий область ледника), сетка типа поверхности (лед, фирн, снег), 365 файлов суточной солнечной радиации.

Первые два (метео и баланс массы) необходимо подготовить. Чтобы подготовить последние четыре (контур, отметка, тип поверхности и радиационные сетки) необходимо использовать программу

make_input.R. Эта программа создаст и обрабатывает файлы автоматически.

Программа make_input.R. Мы использовали программу make_input.R для подготовки входных файлов, которые всё ещё отсутствуют, для этого мы открываем с помощью RStudio файл make_input.R.

После установки всех параметров запускается программа для обработки данных (рисунок 3).

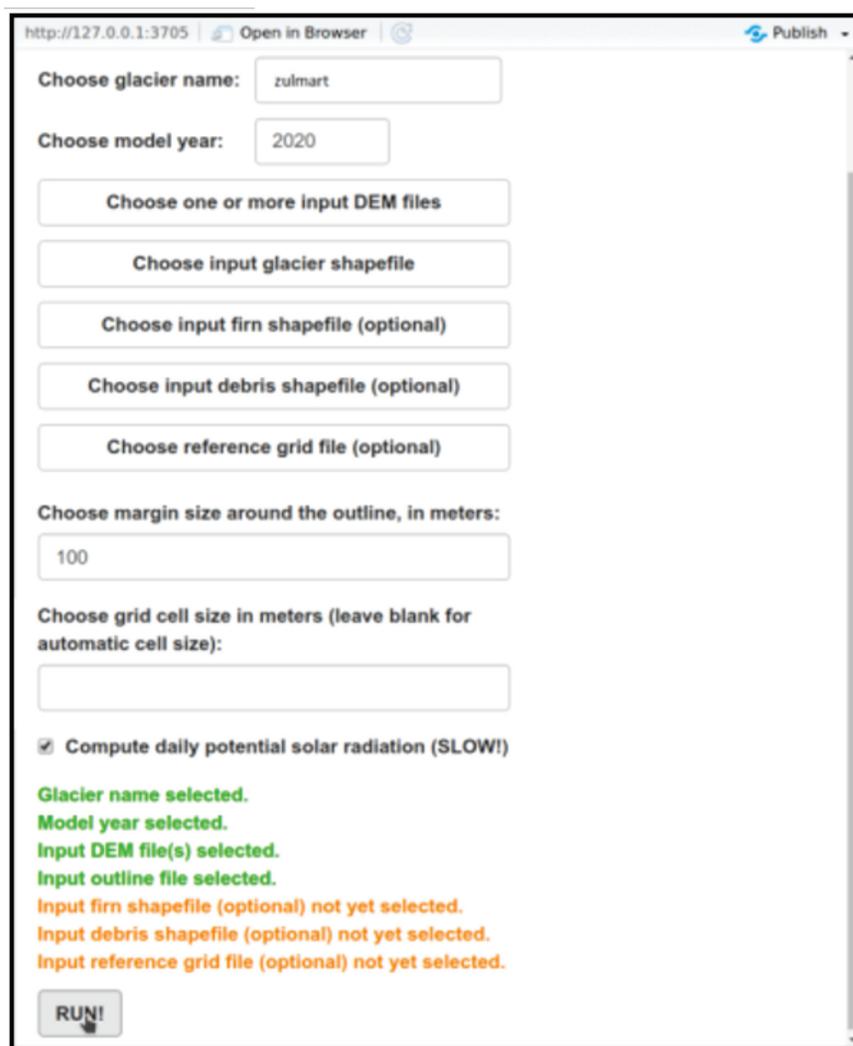


Рисунок 3. Окно make_input.R после выбора данных готово для нажатия на RUN.

В конце входная папка выглядит как рисунок 4: в input \ zulmart \ есть 6 папок (dhm \, massbalance\, outline \, радиация \, surftype \ и weather \).

Папка радиация\ содержит 365 радиационных расчётов (первая называется dir00124.tif), а остальные папки содержат только по 1 файлу.

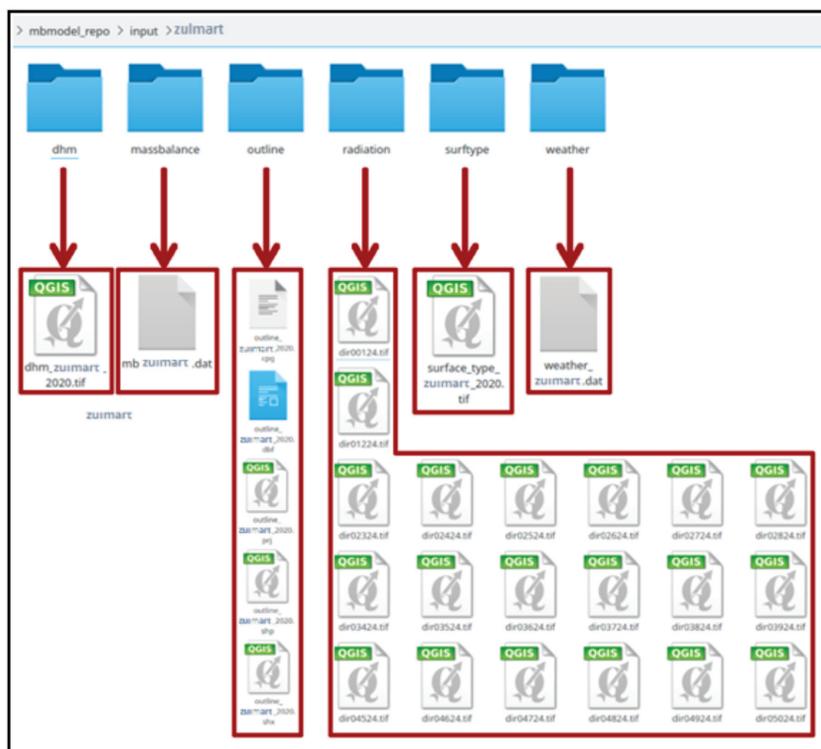


Рисунок 4. Папка input\zulmart\ после подготовки всех входных данных.

Параметры модели. Параметры модели задаются в файле set_params.R в папке модели. Мы открываем этот файл в RStudio и устанавливаем параметры, как показано в таблице 1. Есть много других параметров, которые можно установить,

но в этом первом моделировании мы устанавливаем только самые важные из них. При изменении параметров важно сохранить тот же формат: кавычки (") и запятое (,) должны оставаться прежними или модель не будет работать.

Таблица 1. Параметры модели, которые были установлены.

Parameter name (Имя параметра)	Value (Значение)	Explanation (Пояснение)
name_glacier	«zulmart»	имя ледника, это то же, что и папка в input \
filename weather	«weather_zulmart.dat»	Имя метео файла, которое было подготовлено
file weather nskip	4	Количество строк, которые нужно пропустить в метео-файле, есть 4 строки, которые не являются данными
grids_crs	32643	EPSG код системы координат, 32643 - зона UTM 43N
filename massbalance annual	«mb_zulmart.dat»	Имя файла с годовыми измерениями баланса массы, которое было подготовлено
filename massbalance winter	«»	Имя файла с зимними измерениями баланса массы. У нас этого нет, поэтому мы оставляем его пустым («»)
weather aws elevation	4000	Высота метеостанции. В файле Зулмарт указана высота 4000 м
first_year	2019	Первый год, который мы хотим смоделировать: 2019
last_year	2019	Последний год, который мы хотим смоделировать, мы хотим сделать только один год, так что это снова 2019

Выходные файлы. Следующие подробные результаты представлены в фай-

ле massbalance_2020.pdf, в output\zulmart\Annual_results\:

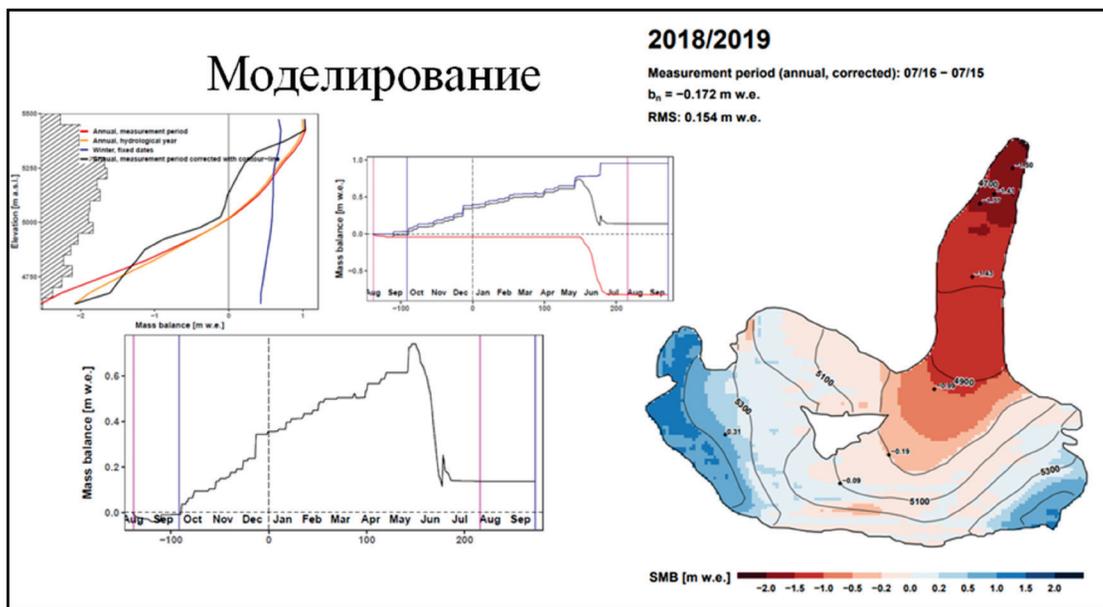


Рисунок 5. Результаты моделирования.

Модель предоставляет следующие результаты; карта баланса массы за гидрологический год, карта баланса массы за период измерений, карта баланса массы за годовой период измерений с локальной коррекцией результата модели на основе долей (метод контурных линий), карта баланса массы за зимний период, метеорологические ряды (температура и осадки), суточные временные ряды кумулятивного баланса массы по всему леднику, также с отдельными компонентами таяния и накопления, ежедневные объёмы талых вод и осадков, которые можно сравнить с измерениями стока, высотные профили баланса масс, также в сравнении с измерениями рейки, ежедневный временной ряд баланса массы на рейках.

Карты баланса массы также записываются в отдельные файлы GeoTiff (пример: mb_annual_hydro_2020.tif), которые можно использовать в QGIS или ArcGIS. Остальные значения, включая суточное и общее таяние, накопление, баланс массы и gainfall, записываются в текстовые файлы CSV. Модель также превращает

сводку результатов в два обзорных файла: output\zulmart_overview.pdf и output\zulmart_overview_areaplot.pdf.

Результаты и обсуждения

Модель отображает распределение годовых значений баланса массы поверхности (SMB) для ледника №139 на Восточном Памире в бассейне озера Каракуль за период с 07/16/2018 по 07/15/2019. Разные цвета представляют различные значения SMB в метрах водного эквивалента (м в.э.).

Наиболее негативные значения SMB, от -2,0 до -1,5 м в.э., обозначены ярко-красным цветом в языковой части ледника. Это указывает на значительную потерю массы в этой зоне, из-за повышенной абляции. Положительные значения SMB, от +0,2 до +0,5 м в.э., отмечены светло-голубым цветом в зоне аккумуляции ледника, что свидетельствует о накоплении массы.

В целом, ледник демонстрирует отрицательный годовой баланс массы -0,172 м в.э., что указывает на общую потерю массы. Однако следует отметить, что есть

различия в распределении SMB по всей поверхности ледника. Среднеквадратическая ошибка (RMS) 0,154 м в.э. показывает относительно небольшую погрешность модели, что свидетельствует о хорошей точности расчётов.

Кроме того, в верхней части ледника видны несколько более крупных областей с отрицательным SMB, что может быть связано с различиями в толщине фирно-

вой зоны или повышенной абляции в этих областях.

Таким образом, данная схема (рисунок б) предоставляет детальную информацию о пространственном распределении баланса массы ледника, что позволяет лучше понять процессы, происходящие на его поверхности, и спрогнозировать будущие изменения.

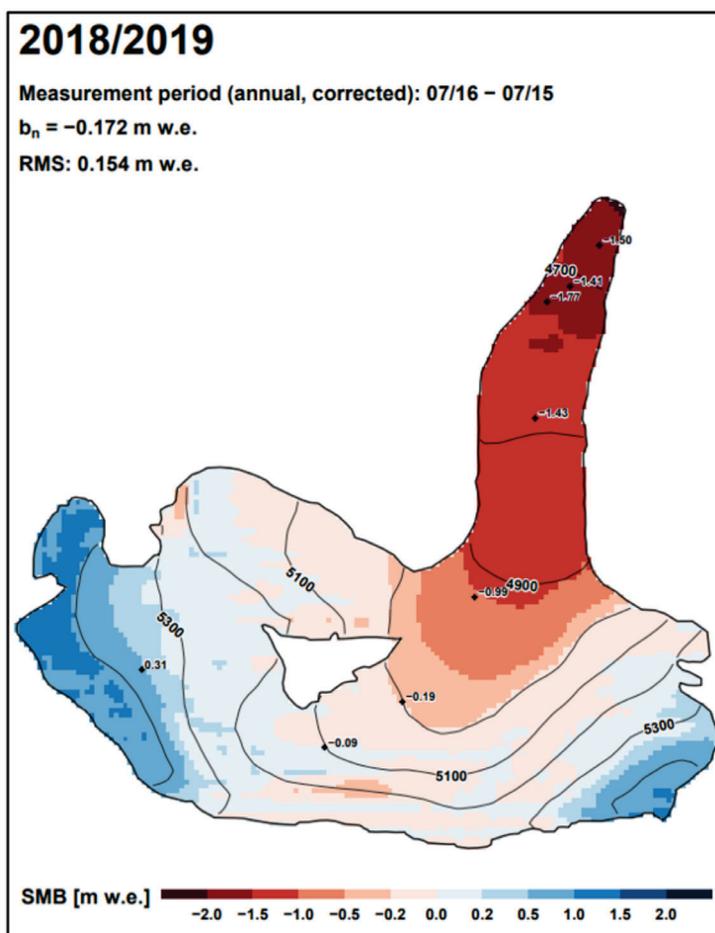


Рисунок 6. Карта моделирования баланса массы ледника №139.

На основе графика (Рисунок 7) можно сделать следующие наблюдения по моделированию ледника №139:

график (Рисунок 7а) показывает сезонные изменения баланса массы в течение года. Отрицательные значения присутствуют с июля по ноябрь, достигая минимума около $-0,4$ м в.э. в октябре, что соответствует периоду абляции или таяния льда. Положительные значения наблю-

даются с декабря по июнь, с максимумом около $0,2$ м в.э. в апреле-мае, указывая на период аккумуляции или накопления снега; график (Рисунок 7б) демонстрирует летний зимний и годовой баланс массы ледника, кривая начинается с отрицательных значений около $-0,8$ м в.э. в июле-августе, что отражает летнее таяние. Затем она постепенно восстанавливается до положительных значений в декабре-ян-

варе после осенне-зимней аккумуляции. Максимум около 1,0 м в.э. достигается в мае-июне, после чего наблюдается резкое снижение, завершая годовой цикл.

Данный график (Рисунок 7б) иллюстрирует характерный годовой цикл баланса массы для ледника в этом регионе, с чётко выраженным периодом аккумуляции в зимние месяцы и абляции в летние,

с максимумами и минимумами в соответствующие периоды.

Сопоставление этих временных данных с пространственным распределением SMB на карте может дать более полное представление о процессах, влияющих на баланс массы в различных частях ледника.

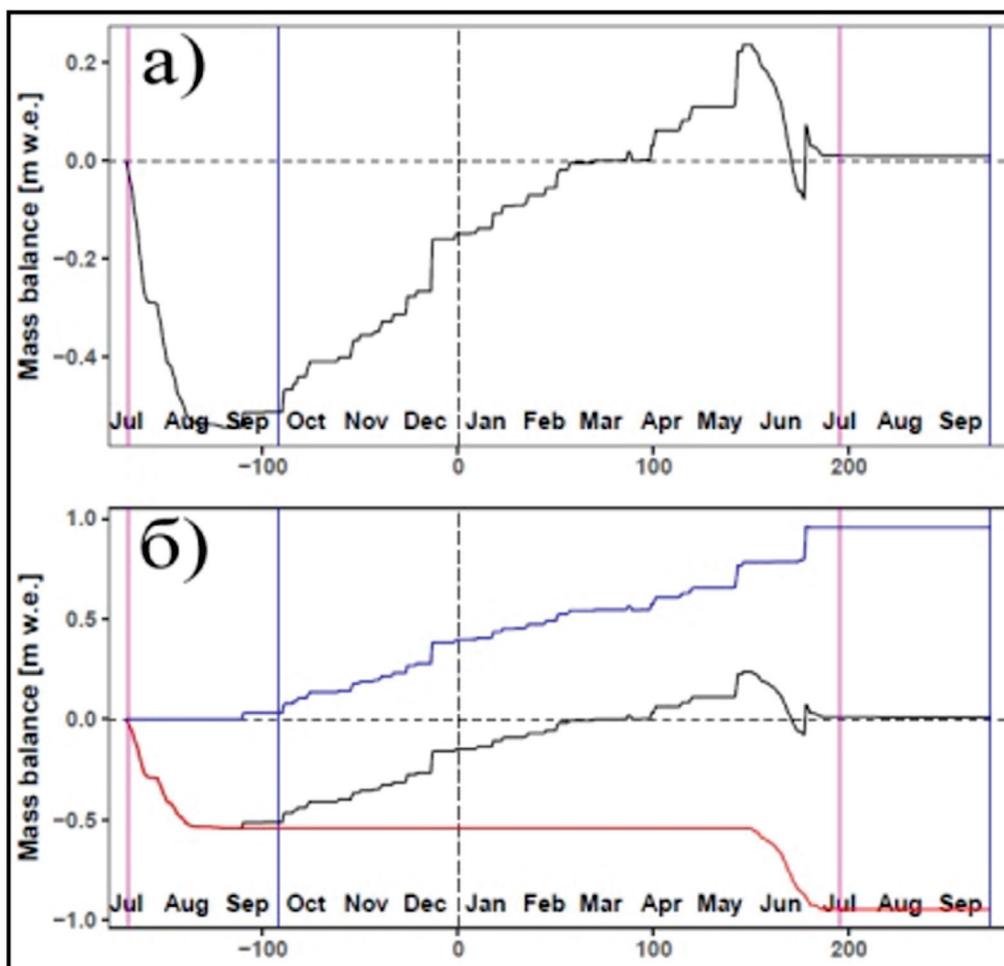


Рисунок 7. График моделирования поверхностного баланса массы ледника №139.

На изображении (Рисунок 8) представлены результаты моделирования ледника №139. На графике (Рисунок 8а) показаны различные оценки годового изменения высоты ледника в диапазоне значений баланса массы. Красная линия представляет измеренное годовое изменение высоты, оранжевая линия представляет собой оценку полного гидрологического года, а синяя линия показывает фиксированные

зимние даты. Заштрихованная область показывает изменение площади ледника в зависимости от высоты.

График (Рисунок 8б) предоставляет статистические данные по смещению (-0,001 м водного эквивалента) и среднеквадратической ошибке (0,379 м водного эквивалента) оценок баланса массы, показанных на диаграмме рассеяния точек. Разброс предполагает некоторую

изменчивость в оценках баланса массы вокруг общей положительной тенденции, соответствующей увеличению высоты ледников.

Измерения и оценки ошибок подчёркивают сложности и неопределённости, связанные с моделированием баланса массы ледников. Различные подходы к

определению периода измерения и учёту сезонных влияний могут повлиять на результаты. В целом, этот анализ направлен на количественную оценку и понимание изменений, происходящих леднике №139, хотя для полной интерпретации конкретных последствий потребуется больше контекста.

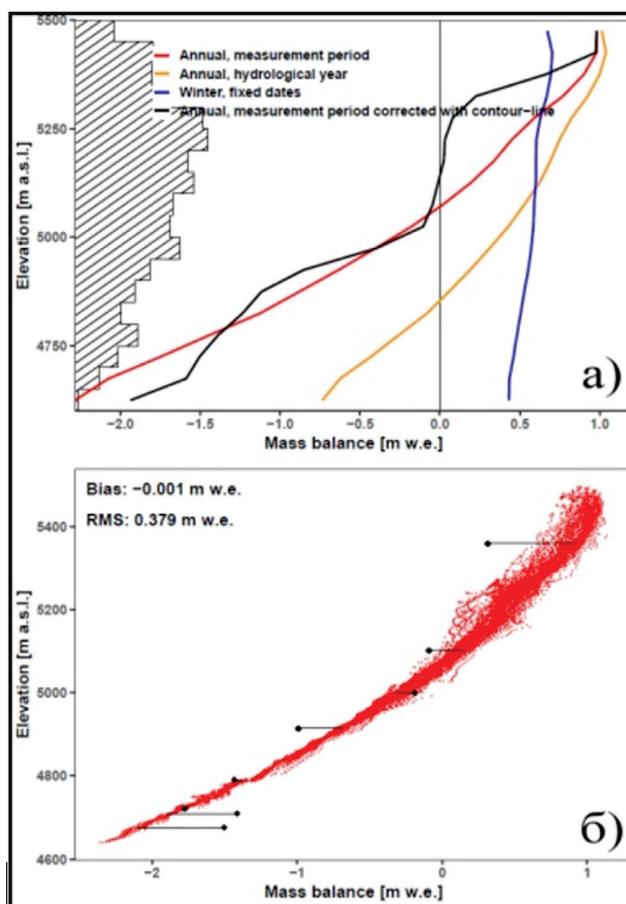


Рисунок 8. График годового изменения высоты ледника в диапазоне значений баланса массы.

Результаты моделирования баланса массы ледников в бассейне реки Сарыгун, озера Каракуль за 2018/2019 годы

Было проведено моделирование баланса массы ледников в бассейне реки Сарыгун, которая является правым притоком реки Акджилга, и в свою очередь втекает в озеро Каракуль, для определения состояния ледников на различных высотах.

Общий отрицательный баланс массы ($b_m = -0.152$ м.в.э.) указывает на преобла-

дающую потерю массы ледниками в этом бассейне за рассматриваемый период. Это согласуется с общей тенденцией сокращения оледенения в горных районах в результате изменения климата.

Разброс индивидуальных значений баланса массы от -2.0 до $+1.5$ м.в.э. демонстрирует значительную пространственную изменчивость процессов аккумуляции и абляции на разных ледниках. Она может быть вызвана различиями в их размерах, высотах, ориентации, окружа-

ющем рельефе и микроклимате. Преобладание отрицательного баланса говорит о том, что большинство ледников в этом регионе теряли массу в течение измеряемого периода. Однако наличие некоторых положительных балансов указывает на то, что для отдельных ледников условия были более благоприятными для аккумуляции массы.

Среднеквадратичная ошибка 0.145 м в.э. является относительно низкой, что свидетельствует о хорошей точности моделирования в целом для этого региона.

Для более глубокого анализа требуется дополнительная информация о метеорологических условиях и особенностях отдельных ледников, а также долговременный ряд наблюдений для выявления устойчивых трендов.

В целом, результаты указывают на сложную картину изменения оледенения с преобладанием потери массы в этом высокогорном регионе в период 2018/2019 гг., что согласуется с ожидаемыми последствиями изменения климата.

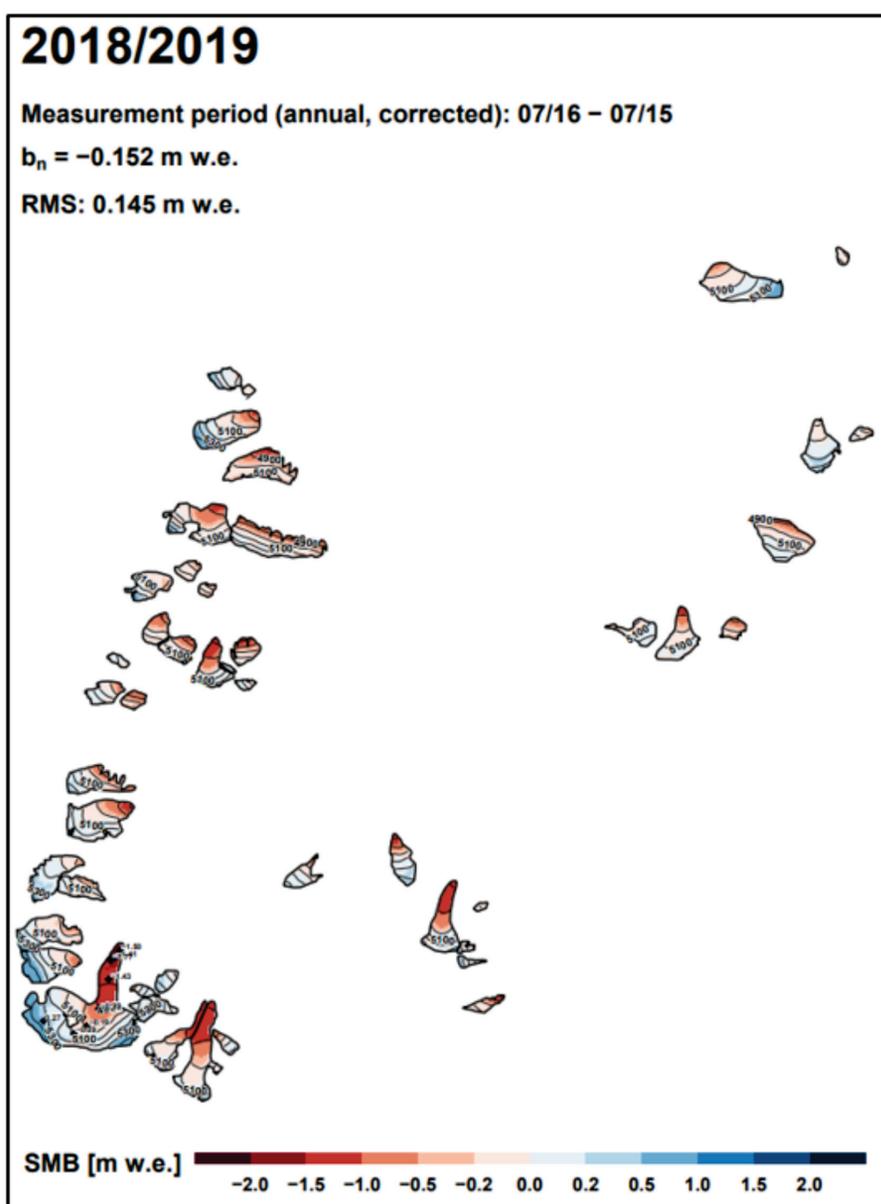


Рисунок 9. Моделирование баланса массы ледников бассейна реки Сарыгун притока озера Каракуль.

Выводы

Для моделирования баланса массы ледников использовалась модель SMB, разработанная Швейцарским университетом во Фрибурге. Модель учитывает различные параметры, включая метеоданные, градиенты температуры и осадков, солнечную радиацию и географические характеристики ледника.

Годовой баланс массы ледника за период 2018-2019 гг. составил -0.172 м водного эквивалента (м в.э.), что указывает на общую потерю массы. В зоне абляции потери ледника зафиксированы от -2.0, а в зоне аккумуляции зафиксировано сохранение снежного покрова до +0.5 м в.э. Выявлен чёткий годовой цикл с периодом абляции с июля по ноябрь (минимум около -0.4 м в.э. в октябре) и периодом аккумуляции с декабря по июнь (максимум около 0.2 м в.э. в апреле-мае).

Моделирование баланса массы ледников бассейна реки Сарыгун притока озера Каракуль за 2018/2019 гг. показало общий отрицательный баланс -0.152 м в.э., с индивидуальными значениями от -2.0 до +1.5 м в.э. для разных ледников.

Среднеквадратическая ошибка модели составила 0.154 м в.э. для ледника №139 и 0.145 м в.э. для всего бассейна реки Сарыгун, что свидетельствует о хорошей точности расчётов.

Литература

1. Рыбак О. О. Моделирование и прогноз баланса массы горных ледников Центрального Кавказа в условиях климатических изменений / О. О. Рыбак, Е. А. Рыбак, П. А. Морозова //

Системы контроля окружающей среды. – 2016. – № 6. – С. 26.

2. Рыбак О. О., Рыбак Е. А. Применение данных сетевых метеорологических станций для расчета баланса массы ледников (на примере ледника Джанкуат, Центральный Кавказ) // Системы контроля окружающей среды. – 2017. – № 9. – С. 29.
3. Морозова П. А., Рыбак О. О. Использование данных регионального климатического моделирования для расчета баланса массы горных ледников // Системы контроля окружающей среды. – 2016. – № 5. – С. 84-89.
4. Морозова П. А., Рыбак О. О. Регионализация данных глобального климатического моделирования для расчёта баланса массы горных ледников // Лёд и Снег. – 2017. – Т. 57. – № 4. – С. 437-452.
5. Kronenberg, M. Mass-balance reconstruction for Glacier No. 354, Tien Shan, from 2003 to 2014 / M. Kronenberg, M. Barandun, M. Hoelzle, M. Huss, D. Farinotti, E. Azisov [идр.] // Annals of Glaciology. – 2016. – Vol. 57, № 71. – P. 92-102.
6. Рец Е. П. и др. моделирование баланса массы ледника Сары-Тор (массив Ак-Шийрак, внутренний Тянь-Шань) // Криосфера Земли. – 2021. – Т. 25. – № 5. – С. 27-41.
7. Коновалов В. Г. Моделирование и реконструкция параметров речного стока и баланса массы ледников на Северном Кавказе // Лёд и Снег. – 2015. – Т. 54. – № 3. – С. 16-30.
8. Электронный ресурс: RP5: [сайт]. – URL: <https://rp5.ru/>
9. Баланс массы ледника Восточный Зулмарт (№139) за 2018-2022 годы / А. Каюмов, Х. К. Кабутов, М. Хольцле [и др.] // Известия Национальной академии наук Таджикистана. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. – 2023. – № 1(190). – С. 94-102. – EDN HQCMJS.
10. Каталог ледников СССР. Т. 14. Вып. 3. Ч. 17–18. Л.: Гидрометеоздат, 1975. – 37 С.

**МОДЕЛСОЗИИ МУВОЗИНАТИ МАССАИ ПИРЯХИ №139
ДАР ҲАВЗАИ КЎЛИ ҚАРОКУЛ, ПОМИРИ ШАРҚӢ БО
ИСТИФОДАИ МОДЕЛИ SMB**

**Кабутов Х.Қ.¹, Амирзода О.Х.^{2,*}, Шерализода Н.Ш.¹,
Mattea E.³, Saks T.³, Абдуллоева П.Н.²**

¹Муассисаи давлатии илми «Маркази омӯзиши пиряхҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон»

²Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

³Донишгоҳи Фрибург (Швейцария)

*Муаллифи масъул: E-mail: orif2000@mail.ru

Шарҳи мухтасар: Дар ин мақола натиҷаҳои моделсозии мувозинати ҳаҷми пиряхҳоро дар Помири Шарқӣ, дар ҳавзаи кӯли Қарокӯл инъикос ёфтааст. Моделсозӣ бо истифода аз маълумотҳои метеорологӣ ва тадқиқоти сахроӣ, ки бевосита дар пиряхи №139, ки дар ҳавзаи кӯли Қарокӯли Помири Шарқӣ ҷойгир аст, гузаронида шудааст. Андозагирии мувозинати ҳаҷми пиряхи №139 барои солҳои 2018-2019 бақияи манфии солони масса $-0,172$ м э.о.-ро нишон медиҳад ва моделсозии тавозуни ҳаҷми пиряхҳо дар ҳавзаи дарёи Саригун дар яке аз шохобҳои ҳавзаи кӯли Қарокӯл тавозуни умумии массаи пиряхҳоро ($m_x = -0,152$ м.э.о.) нишон дод.

Калидвожаҳо: Пиряхшиносӣ, кӯли Қарокӯл, Помири Шарқӣ, моделсозии тавозуни масса.

MODELING THE MASS BALANCE OF GLACIER №139 OF THE EASTERN PAMIR LAKE KARAKUL LAKE BASIN USING THE SMB MODEL

Kabutov Kh.K.¹, Amirzoda O.H.^{2,*}, Sheralizoda N.Sh.¹,
Mattea E.³, Saks T.³, Abdulloeva P.N.²

¹State Scientific Institution «Center for Research of Glaciers of the National Academy of Sciences of Tajikistan»

²Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan

³University of Fribourg

*Corresponding author: E-mail: orif2000@mail.ru

Abstract: This paper presents the results of glacier mass balance modeling in the Eastern Pamirs in the Karakul Lake Basin. The modeling was conducted using meteorological data and field studies that were carried out directly on glacier No. 139, which is located in the Karakul Lake Basin of the Eastern Pamirs. Mass balance measurements for glacier No. 139 in 2018-2019 show a negative annual mass balance of -0.172 m w.e., while modeling of the glacier mass balance in the Sarygun River basin, one of the tributaries of the Karakul Lake Basin, showed a general negative mass balance ($bm = -0.152$ m w.e.).

Keywords: Glaciology, Lake Karakul, Eastern Pamir, mass balance modeling.

Маълумот оид ба муаллифон. Кабутов Хусрав Қурбонҷонович, мудири шӯъбаи мониторинги пиряхҳо криосфера гляциология ва ГИС-технологияи Маркази омӯзиши пиряхҳои АМИТ. Тел.: (+992) 93 453 8084, E-mail: kabutov.khusrav@gmail.com; Амирзода Ориф Ҳамид, доктори илмҳои техникӣ, дотсент, директори институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ. Тел.: (+992) 98 738 7272, E-mail: orif2000@mail.ru; Шерализода Назриало Шерали, директори МДИ “Маркази омӯзиши пиряхҳои АМИТ”. Тел.: 88 812 2121, E-mail: nazrialo@mail.ru; Энрико Маттеа, асистенти шӯъбаи илми замин Донишгоҳи Фрибург Тел.: +41 26 300 9249, E-mail: enrico.mattea@unifr.ch; Томас Сакс, ходими калони илмии шӯъбаи илми замин Донишгоҳи Фрибург Тел.: +371 26 486 363, E-mail: tomas.saks@unifr.ch. Абдуллоева Парвина Нуруллоевна, ходими хурди илмии Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ. Тел.: +992 88 878 8771, E-mail: abdulloeva@mail.ru.

Сведения об авторах. Кабутов Хусрав Курбонджонович, заведующий отделом мониторинга ледников, криосферы, гляциологии и ГИС-технологий Центра изучения ледников НАН. Тел.: 934538084, E-mail: kabutov.khusrav@gmail.com; Амирзода Ориф Ҳамид, доктор технических наук, доцент, директор Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии, НАНТ. Тел.: 987387272, E-mail: orif2000@mail.ru; Шерализода Назриало Шерали, директори ГНУ “Центра изучения ледников НАНТ”. Тел.: (+992) 88 812 2121; E-mail: nazrialo@mail.ru; Энрико Маттеа, асистент отдела наук о Земле Фрибургский университете. Тел.: +41 26 300 9249, E-mail: enrico.mattea@unifr.ch; Томас Сакс, Старший научный сотрудник отдела наук о Земле Фрибургский университете. Тел.: +37 12 648 6363, E-mail: tomas.saks@unifr.ch., Абдуллоева Парвина Нуруллоевна, младший научный сотрудник Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии, НАНТ. Тел.: (+992) 88 878 8771, E-mail: abdulloeva@mail.ru.

Information about the authors. Kabutov Khusrav Kurbonjonovich, Amirzoda Orif Hamid – Director of the Institute of water problems, hydropower and ecology, of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Doctor of Technical Sciences, Dotsent, Tel.: (+992) 93 728 7272, E-mail: orif2000@mail.ru; Sheralizoda Nazrialo Sherali, director of State Scientific Institution «Center for Research of Glaciers of the National Academy of Sciences of the Tajikistan». Tel: (+992) 88 812 2121, E-mail: nazrialo@mail.ru; Enrico Mattea, Assistant Department of Geosciences, University of Fribourg. Tel.: +41 26 300 9249, E-mail: enrico.mattea@

unifr.ch; Saks Tomas Senior Researcher, Department of Geosciences, University of Fribourg. Tel.: +371 26 486 363, E-mail: tomas.saks@unifr.ch. Abdulloeva Parvina Nurulloevna, Junior Researcher, Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology, NAST. Tel.: (+992) 88 878 8771, E-mail: abdulloeva@mail.ru.

УДК 551. 324. 63

ОМЎЗИШИ ПИРЯХҲОИ НАБЗОНИИ ҲАВЗАИ ДАРЁҲОИ ҚИРҒИЗОБ ВА ГАРМО БО УСУЛИ ФОСИЛАВИИ ЗОНДИРОНӢ

Саидзода Х.^{1,*}

¹Муассисаи давлатии илмӣ «Маркази омӯзиши пиряхҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон»

*Муаллифи масъул. E-mail: khaticha.cryos@gmail.com

Шарҳи мухтасар. Мониторинги фосилавии зондиронӣ ягона усули ба даст овардани маълумоти аввалия дар бораи ҳолати набзонӣ ва тағйирёбии тавозуни пиряхҳо мебошад. Дар мақолаи мазкур мониторинги пиряхҳои набзонии ҳавзаҳои дарёи Қирғизоб ва Гарморо тавсиф намуда, натиҷаҳои мониторинги кайҳонии пиряхҳои набзонӣ муайян карда шуд. Тасвирҳои Landsat 5 (TM), Landsat 7 (ETM+), Landsat 8 (OLI), Sentinel 2a MSI, аз моҳвораи амрикоии Паёҷӯшироҳи геологӣ ИМА (USGS) ки ба омӯзиши илмҳои замин вобаста аст аз сомонӣ <https://earthexplorer.usgs.gov/> гирифта шудаанд, ки барои таҳқиқоти истифода гардиданд. Дар рафти омӯзиши натиҷаҳои мониторинги кайҳонии пиряхҳои Қирғизоб ва Гармо аз солҳои 1993 - 2022 таҳлил гардид, дар ҳавзаҳои мазкур 38 пиряхи набзонӣ низ муайян карда шуд.

Калидвожаҳо: пиряхҳои набзонӣ, зондиронии фосилавӣ, кӯлҳо, дарёи Обихингоб, иқлим, боришот.

Муқаддима

Нахустин маротиба пиряхҳои набзонии ҳудуди Ҷумҳурии Тоҷикистон аз тарафи Институти географияи Академияи илмҳои Россия баъд аз набзиши пиряхи Медвежий (соли 1963) шуруъ гардид. Аз соли 1963 то соли 1985 дар пиряхи мазкур экспедитсияҳои илмӣ таҳқиқотӣ ва мушоҳидаҳои саҳроӣ гузаронида мешуданд. Дар натиҷа бо ин тариқ ду марҳалаи набзиш ва ду марҳилаи барқароркунӣ муайян гардид. Солҳои 1988 - 1991 мушоҳидаҳои кайҳониро истифода намуда, набзиши навбатии забонаи пиряхро дар соли 1989 ошкор карданд.

Пас аз таҳқиқи набзиши пиряхи Медвежий дар як муддати кӯтоҳ дар дигар ноҳияҳои кӯҳсори мамлакат низ пиряхҳои набзонӣ кашф карда шуданд, ки дар соли 1972 зарурияти тартиб додани феҳристи пиряхҳои набзонии ҳудуди Иттиҳоди Ҷумҳурии Шуравии Сотсиалистӣ ба вучуд омад. Дар оғози таҳқиқот олимони маъруфи рус Л.Д. Долгушин ва Г.Б. Осипова соли 1971 дар қисмати кӯҳистони Помир ҳамагӣ 15 пиряхи набзониро муайян на-

муда буданд [14]. Ҳамин тариқ дар китоби «Опасные ледниковые явления» соли 1977 аллакай 42 пирях ба рӯйхати пиряхҳои набзонии Помир дохил карда шуданд. Айни замон, бо истифода аз тасвирҳои кайҳонӣ ҳамасола маълумоти нав ба нав ба даст меояд ва омӯзиши тасвирҳо низ имкон медиҳанд, ки ҳаракати нави пиряхҳоро дар минтақаҳои дурдаст ва душворгузари Тоҷикистон муайян намоем. Ҳамагӣ 1% тамоми пиряхҳои ҷаҳонро пиряхҳои набзонӣ ташкил медиҳад, ки дар минтақаи Помир аз 5370 пирях 845 - тоаш пиряхҳои набзонӣ буда, зиёда аз 15% - ро ташкил менамоянд [1-12].

Набзиши забонаи пиряхҳо ҳаракати давравӣ мебошад, ки байни чараёни кӯтоҳи босуръат (моҳҳо то сол) ва чараёни сусти дарозмуддат (даҳсолаҳо то садҳо сол) иваз мешаванд [11]. Марҳалаи набзиш дар забонаи пиряхҳо даврӣ буда, онҳо аз ду марҳила: а) пешравӣ б) барқароршавӣ иборат мебошад. Пас аз анҷоми ҳаракат марҳалаи барқароршавӣ оғоз мешавад, ки дар он массаҳои ях дар қисмати болоии пирях чамъ мешаванд. Меха-

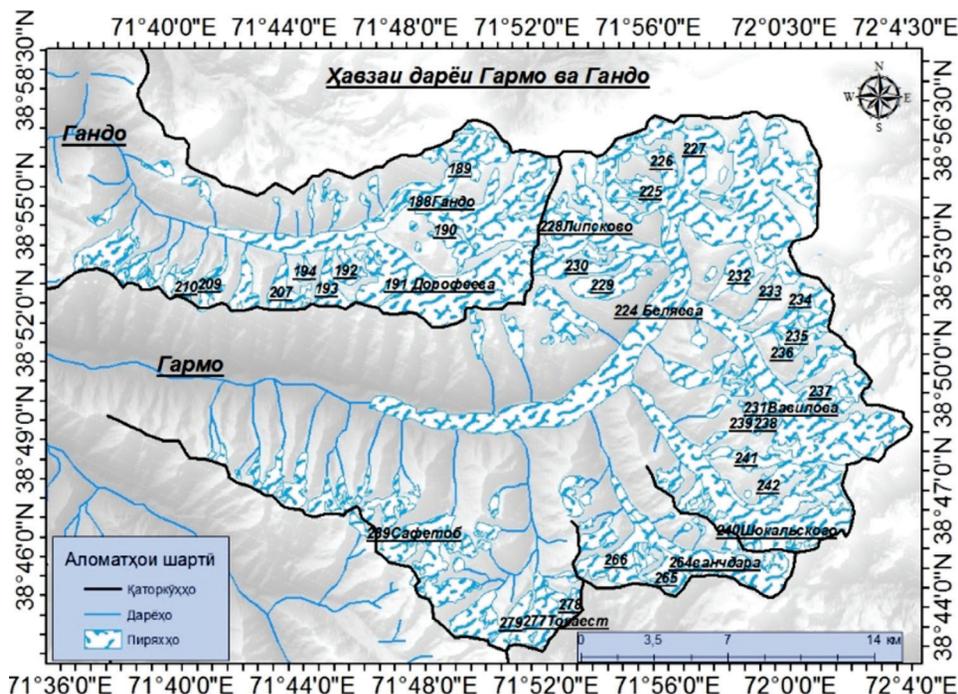
низми ҳаракат дар пиряхҳои набзонӣ аз қисмати физогирӣ оғоз меёбад. Давомнокии ҳаракати забонаи пиряхҳои набзонӣ аз якдигар қомилан фарқ мекунад. Масалан, ҳаракати пиряхи Медвежий (№118) (Помир) соли 1973 қариб 3 моҳ давом намудааст, ҳаракати забонаи пиряхи Дорофеев (№191) аз соли 2018 оғоз ёфта, то ин ҳол идома дорад. Дар баъзе пиряхҳо бошад набзиш чанд дақиқа давом мекунад. Ин навъи ҳаракати пиряхҳо асосан дар пиряхи Дидал дар ҳавзаи дарёи Сурхоб соли 1974 ва дар пиряхи Колка (Кавказ) солҳои 1902 ва 2002 мушоҳида шуда буданд [2]. Дар навбати худ давомнокии ҳаракати набзии забонаи пиряхҳо ба миқдори боришот дар сатҳи пирях вобаста аст. Инро дар мисоли пиряхи Хирсон мушоҳида намудан мумкин аст. Массай мувозинати пиряхи Хирсон 160 -180 миллион тоннаро ташкил медиҳад ва бо ҷамъшавии боришоти саҳти солонаи 16 -18 миллион тонна, дар муддати 10 сол на-

бзиши забона ба амал меояд ва ҳангоми боришоти ками солонаи барф ба миқдори 11 - 12 миллион тонна, набзиши пирях дар муддати 15 сол ба амал меояд [2].

Ҳадафи омӯзиш - тавсифи ҳолати имрӯзаи пиряхҳои набзии ҳавзаи дарёҳои Қирғизоб ва Гармо дар асоси маълумоти зондиронӣ - фосилавӣ.

Минтақаи омӯзиш

Пиряхҳои набзонии Гандо ва Гармо дар ноҳияи Сангвори Ҷумҳурии Тоҷикистон дар шимоли қаторкӯҳҳои Пётри Якум, қаторкӯҳҳои Академияи илмҳо ва дар нишебҳои ғарбии қаторкӯҳҳои Дарвоз ҷойгир шудаанд. Дарёҳои Гармо ва Гандо бо дарёҳои Бохуд ва Қирғизоб якҷоя шуда, дарёи Обихингбро ташкил медиҳанд. Пиряхи Гармо пиряхи водигии мураккаб буда, дар худ шохобҳои зиёди пиряхӣ дорад. Дарозии пирях 30,4 километр ва масоҳаташ 114,6 км² мебошад. Забонаи пирях дар баландии 2970 метр аз сатҳи баҳр воқеъ гардидааст.



Расми 1. Пиряхҳои ҳавзаи дарёи Қирғизоб ва Гармо.

Дарозии пиряхи Гандо 22 километр, масоҳаташ 44,6 километрро ташкил медиҳад. Нахустин таҳқиқот дар ин самт аз ҷониби олимони Институти географияи

Академияи илмҳои ИҶШС соли 1948 ба роҳ монда шудабуд. Ба ғайр аз пиряхи Гандо ва шохобҳои он дар ин ҳавза боз 24 пиряхи дигар мавҷуд буда, майдони

умумии пирахҳои ҳавза 58,2 километри мураббаро ташкил медиҳанд [15].

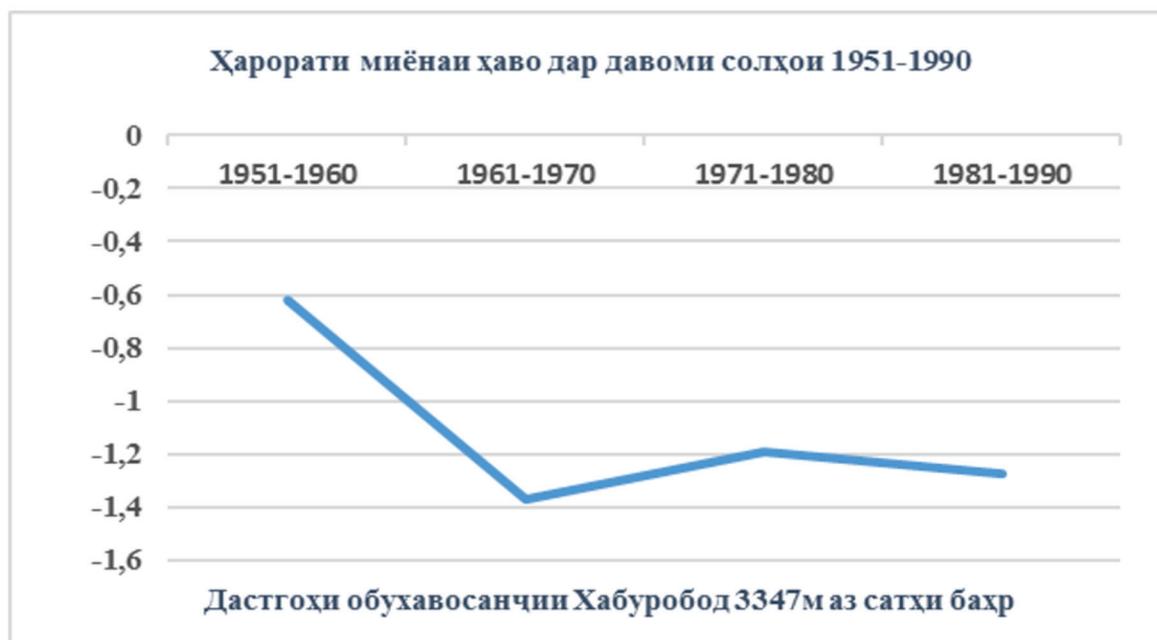
Тарзҳои омӯзиш

Бо истифода аз Феҳристи пирахҳои ИЦШС маълумот оид ба мавқеи ҷойгиршавии намуди морфологии пирахҳои набзони ҳавзаи дарёи Обихингоб гирифта шуда, маълумоти нав бо усули зондиронӣ - фосилавӣ чамбоварӣ гардиданд. Механизм ва хусусияти ҳаракати забонаи пирахҳои набзонӣ омукта шуда, аз тасвирҳои мохворагии Landsat 4 - 5TM, Landsat 7 ETM+C2 L1 ва Landsat 8 - 9OLI, /TIRS C2 L1, Landsat 1 - 5 MMS C2 L1 ва Sentinel 2A MSI - 2021, ки тавассути сомонаи <http://earthexplorer.usgs.gov/> аз бойгонии мохвораҳои мазкур борбардорӣ шудаанд, истифода гардид. Дар аксҳои борбардори намуда муайян карда шуд, ки пирахҳо дар давомисолҳои муайян набзиш намудаанд. Тасвирҳои борбардорӣ гардида дар барномаи Arcgis 10.6 кор-

кард шуда, набзиши пирахҳо ва сарҳади пирахҳо муайян карда шуд, харитаи пирахҳои набзони ҳавзаҳои дарёи Сугран низтартиб дода шуд. Барои омӯзиши пирахҳои набзонӣ мо таҳқиқотро аз соли 1993 то соли 2022 идома додем.

Иқлими минтақа

Шароити иқлими ноҳияро релефи баланди мутлақи минтақа ва таъсири атмосфераи озод муайян мекунад. Иқлими минтақайи мазкурро тавассути дастгоҳҳои метеорологии Хабуробод (3347 метр), Федченко (4170 метр) ва Тавилдарра (1680 метр) омуктан мумкин аст. Ҳарорати ҳаво дар ҳавзаи дарёи Обихингоб вобаста ба баландӣ тағйир ёфта истода, натиҷаи таҳқиқот дар ҳар метеостансия мувофиқ ба ҷойгиршавии онҳо мухталиф ба назар мерасад. Моҳи гармтарини минтақа ба моҳи август ва моҳи хунуктарин ба моҳи январ мувофиқ меояд.



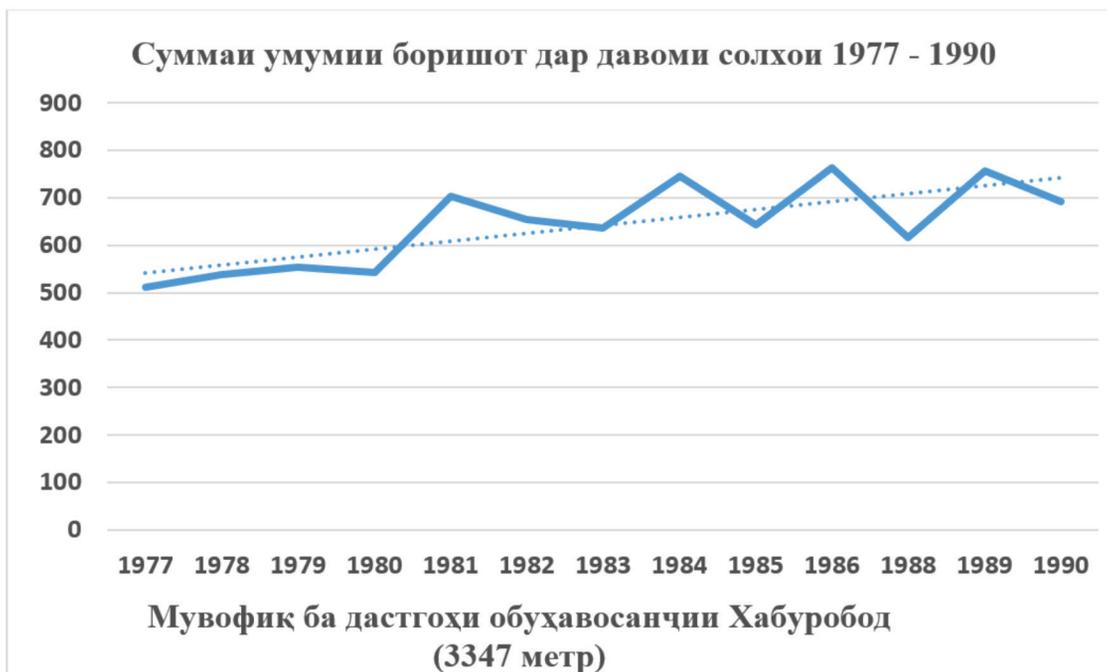
Расми 2. Муайян намудани ҳарорати ҳаво дар ҳавзаи дарёи Обихингоб ба воситаи дастгоҳи обухавосанҷии Хабуробод.

Ҳарорати миёнаи солонаи ҳаво мувофиқи маълумоти дастгоҳи обухавосанҷии Тавилдара дар моҳи август то 25°C баланд ва дар моҳи январ то - 6°C паст мегардад. Аз расмҳои 2 - 3 дидан мумкин

аст, ки ҳарорати миёнаи солонаи ҳаво дар дастгоҳи обухавосанҷии Тавилдарра ба 9,5°C баробар буда, аз соли 1977 то соли 2020 ҳарорати умумии ҳаво дар минтақа 0,2°C баланд шудааст.



Расми 3. Муайян намудани ҳарорати ҳаво дар ҳавзаи дарёи Обихингоб ба воситаи дастгоҳи обуҳавосанҷии Тавилдара.



Расми 4. Муайян намудани ҳарорати ҳаво дар ҳавзаи дарёи Обихингоб ба воситаи дастгоҳи обуҳавосанҷии Хабуробод.

Мувофиқ ба дастгоҳи обуҳавосанҷии Хабуробод ҳарорати миёнаи солонаи ҳаво ба $-1,4^{\circ}\text{C}$ баробар буда аз соли 1951 то соли 1990 -1°C паст шудааст. Натиҷаи таҳқиқот аз он шаҳодат медиҳад, ки ҳарорати миёнаи ҳаво вобаста ба баландии аз сатҳи баҳр гуногун буда, дар баландиҳои

то 2000 метр ҳарорати миёнаи солонаи ҳаво баланд ва дар баландиҳои 3300 метр боло баръакс паст шуда истодааст. Суммаи боришот дар минтақа асосан дар фаслҳои зимистон, баҳор ва аввалҳои тобистон нисбатан зиёдтар буда, моҳҳои хушқтарини сол ба моҳҳои июл, август ва

сентябр мувофиқ меояд. Бо баланд шудани минтақаи кӯҳӣ на танҳо массаи боришот, балки таносуби боришоти сахт низ меафзояд. Аз расми 4 ба хулосае омадан мумкин аст, ки массаи боришот сол то сол зиёд шуда истодааст [13].

Натиҷа ва муҳокимаи он

Пиряхҳои набзони ҳавзаи дарёи Қирғизоб (Гандо 188 - 194)

Дар сохтори пиряхҳои Гандо 12 пиряхи набзонӣ ба қайд гирифта шуда аст. Аз сабабе, ки забонаҳои пиряхҳои системаи пиряхи Гандо бо якдигар зич хобиданд ва ҳангоми ҳаракати ин пиряхҳо забонаи пиряхи Гандо низ набзиш мекунад. Нахустин маълумот оид ба масъалаи омӯзиши сохтори пиряхҳои Гандо ба солҳои 1913 - 1916 рост меоянд. Соли 1931 олими рус И.Г. Дорофеев дар самти пиряхи мазкур таҳқиқоти илмӣ гузаронидааст ва соли 1948 Е.В.Тимашев пиряхро муфассал омӯхта, диаграммаи онро тасвир намудааст [6]. Таҳлилҳо доир ба набзиши забонаи пиряхи Гандо аз соли 1948 то 1975 дар мақолаҳои илмӣ олимони пешин овардашуда аз он шаҳодат медиҳад, ки соли 1969 забонаи пиряхи №190 Дорофеев набзида аст.

Пиряхи №190 дар қисмати шоҳаи чапи пиряхи Гандо ҷойгир шудааст. Забонаи ин пирях дар соли 1969 дар зарфи 10 рӯз қариб 300 метр пеш рафта, баъдан ҳаракати забона суст гашта аст. Дар байни солҳои 1959 - 1972 якҷанд ҳаракатҳои дохилӣ дар пиряхҳо №189 ва №190 ба қайд гирифта шудааст [5].

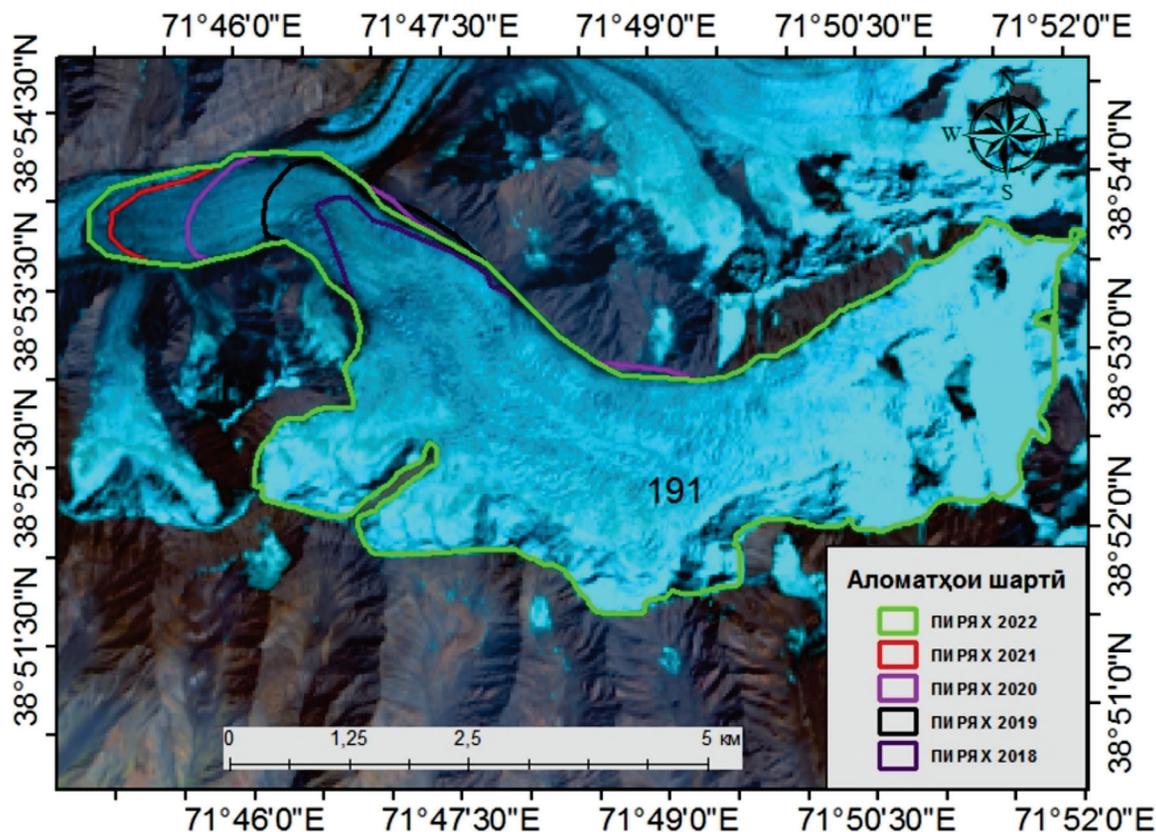
Аз соли 1977 то соли 1993 пиряхи №190 дар ҳолати пешравӣ қарор дошта, аз соли 1994 то соли 2000 рӯ ба коҳишбӣ ниҳода, ба масофаи 1 километр ақибнишинӣ намудааст. Тибқи маълумоти аз тасвирҳои моҳворагӣ ба даст омада маълум мегардад, ки пиряхи №190 аз соли 2008 то соли 2013 1,5 километр набзиш намудааст. Набзиши охири пиряхи №190 аз соли 2018 шуруъ гардида то ҳоло низ идома дорад.

Соли 1972 қисмати поёнии забонаи пиряхи Гандо ба масофаи 3 километр канда шудааст. Аз соли 1973 то соли 1985 коҳишбӣ забонаи пирях ба мушоҳида мерасид. Дар байни солҳои 1985 ва 1989 ҳаракати забонаи пиряхи Гандо оғоз ёфта, эҳтимолан бо ҳаракати якҷояи пиряхи Дорофеев ба вучуд омадааст. То тирамоҳи соли 1991 набзиши забонаи пиряхи Гандо ба 1,5 километр расидааст ва бо ин набзиши забонаи пиряхи Гандо ба охир нарасида ва то соли 1993 идома ёфтааст. Дар соли 2002 забонаи пирях дар баландии 4389 метр қарор дошта то соли 2013 ҳангоми набзиши дурудароз то баландии 3840 метр омада расидааст. Набзиши забонаи пиряхи Гандо аз соли 2011 то соли 2017 дар масофаи 2 километр идома меёбад. Баъдан баъди соли 2018 ҳангоми набзиши забонаи пиряхи Дорофеев забонаи пиряхи Гандо низ пеш рафта, самти ҳаракати худро ба тарафи чап иваз намудааст.

Пиряхи №191 (пиряхи Дорофеев) дар қисмати чапи пиряхи Гандо ҷойгир буда, намуди морфологии пирях водигӣ ва мавқеи ҷойгиршавиаш шимолу ғарбӣ мебошад. Авалин маротиба пиряхро соли 1882 П.Е. Костенков ва П.И. Беседин муайян намудаанд. Пиряхи мазкур соли 1928 аз ҷониби топограф Иван Дорофеев номгузорӣ карда шудааст. Минтақаи ғизогири он дар баландии 4400 – 4500 метр ва забонаи пирях дар баландии 4220 метр ҷойгир шуда аст. Аз сабаби зиёд будани боришот дар сатҳи пирях ҳатто дар фасли тобистон ҳам қариб, ки барфпӯш аст. Паҳноии забонаи пирях тақрибан 2 километрро дар бар гирифта, бинобар ҳаракатҳои мунтазами даврӣ баръало намоен мешаванд. Мувофиқи маълумоти таҳқиқоти И.Г. Дорофеев дар соли 1928 дарозии пирях 18 километр ва масоҳаташ 30 км² ташкил меод. Тобистони соли 1948 факултети географияи Донишгоҳи давлатии Москва таҳти роҳбарии Р.Д. Забиров дар пирях экспедитсия гузаронида муайян намуданд, ки забонаи пиряхи

Дорофеев бо забонаи пириahi Гандо якҷоя шуда, дарозии умумии пириah 21,5 километр, бараш 1 километр гардидааст [4 - 6]. Соли 1987 забонаи пириahi Дорофеев бо пояи асосии пириahi Гандо дар масофаи 2,5 километр дубора якҷоя шуда забонаи пириahi Гандоро ба тарафи муқобил

меқўҷонад. Набзиши забонаи пириah то соли 1992 ба масофаи 4,5 километр идома ёфта, то соли 2011 дар ҳолати таназзул қарор дошт ва дар соли 2012 бошад пурра канда шудааст. Қисмати кандашудаи забона ба яхи мурда табдил ёфт.



Расми 5. Набзиши забонаи пириahi №191 (Дорофеев) аз соли 2018 – 2022. Тасвир аз моҳвораи Landsat - 09 аз сомонаи (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) гирифта шудааст.

Ҷадвали 1. Солҳои набзиш намудани пириahi №191 (Дорофеев).

№ Р/Т	ΔТ -сол	Масоҳат	L	dL
			км	
1.	1928	30 км ²	18	-
2.	1948	-	21,5	-
3.	1987-1992	22,4	15,1	4,5
4.	2019	20,5	10	0,6
5.	2020	21,1	11,08	1,6
6.	2021	21,7	11,6	2,3
7.	2022	21,9	11,8	2,53

1)- L дарозии умумии пириah аз рӯи Феҳристи пириahҳои ИҶШС; 2)- dL тағйирёбии дарозӣ; 3)-ΔТ давомнокии набзиши забонаи пириahҳо дар давоми солҳо.

Нахустин нишонаҳои фаъолшавии забонаи пиряхи Дорофеев тирамоҳи соли 2018 ба қайд гирифта шуда, дар нимаи моҳи октябр то моҳи декабри ҳамон сол дар масофаи 80 метр ба забонаи пиряхи

Гандо наздик шудааст. Аз соли 2019 то инҷониб забонаи пиряхи Дорофеев дар ҳолати набзиш қарор дорад, ки дар ин муддат дар маҷмӯъ 2,53 км набзиш намулдааст.

Ҷадвали 2. Солҳои набзиш намудани пиряхҳои набзонӣ ҳавзаи дарёи Гандо.

№ Р/Т	Ном ва рақами пирях	Дарача	L	dL	ΔТ -сол
		км			
1.	Гандо №188	1	22	2	2011-2017
2.	№189	1	13,6	2	2011-2016
3.	№190	1	5,6	1,2	2009-2011
4.	Дорофеев №191	1	11	2,5	2018-2022
5.	№193	2	3,1	1,9	2010-2016
6.	№207	3	2,3	300	2011-2022
7.	№216*	-	3,5	250	2004-2007

1)- L дарозии умумии пирях аз рӯйи Феҳристи пиряхҳои ИҶШС; 2)- dL тағйирёбии дарозӣ; 3)-ΔТ давомнокии набзиши забонаи пиряхҳо дар давоми солҳо; 4- (*) пиряхҳои набзонии нав муайян гардида.

Пиряхи №189 дар қисмати рости пиряхи Гандо ҷойгир мебошад. Аз соли 1977 то 1993 пиряхи №189 дар ҳолати ҳаракаткунӣ қарор дошта, набзиши навбатии он аз соли 2011 то соли 2016 ба дарозии 1500 метр мушоҳида шудааст. Фаъолшавии забонаи пирях соли 2006 аз баландии 4375 метр то соли 2016 то баландии 3937 метр идома ёфтааст.

Пиряхи №193 дар қисмати чапи пиряхи Дорофеев воқеъ дар ҳавзаи дарёи Гандо ҷойгир мебошад. Мавқеи ҷойгиршавии пирях шимолӣ ва намуди морфологии он водигӣ буда, забонааш дар баландии 3870 метр ва хати барфии пирях дар баландии 4300 метр аз сатҳи баҳр ҷойгир шудааст. Тахминан 5 километр забонаи пирях бо морена пӯшида шудааст. Дар фасли тирамоҳи соли 1991 забонаи пиряхи №193 дар масоҳати 1,5 километр ҳаракат карда, бо забонаи пиряхи Гандо омезиш ёфта ва дар давоми соли 1993 забонаи пирях дар ҳолати муқаррарӣ қарор дошт. Набзиши навбати забонаи пиряхи №193 аз соли 2010 то соли 2016 идома ёфта, дар ин давра забонаи пирях дар масофаи 1,9 километр ҳаракат кардааст.

Пиряхҳои набзонии ҳавзаи дарёи Гармо

Пиряхи Гармо дар ноҳияи Сангвори Ҷумҳурии Тоҷикистон дар шимолӣ қаторкӯҳҳои Пётри Як, Академияи илмҳо ва дар нишебиҳои ғарбии қаторкӯҳҳои Дарвоз ҷойгир шудааст. Дар системаи пиряхҳои Гармо 27 пиряхи набзонӣ муайян карда шудаанд. Дарозии пиряхи Гармо 30,4 километр, масоҳати он 114,6 километр мураббаъро ташкил менамояд. Пиряхҳои Вавилов ва Шокалский пиряхҳои калонтарини ҳавза ба ҳисоб мераванд. Маҷмӯи поёни пирях соли 1916 аз тарафи экспедитсияи Ҷамъияти ҷуғрофии рус Я. И. Беляев ва П. И. Беседин тавсиф карда шудааст.

Пиряхи Гармо 4 манбаи асосӣ дорад: пиряхи Липский, Беляев, Вавилов ва пиряхи Шокалский. Қариб 6 - 7 километр забонаи пиряхи Гармо бо морена пушида, шудааст. Фаъолшавии забонаи пирях дар давраи соли 1993 аз баландии 3590 метр оғоз ёфта то соли 2022 то баландии 3201 метр идома ёфтааст. Бо истифода аз тасвирҳои кайҳонӣ муайян гардид, ки забонаи пирях дар моҳи июни соли 2022

набзиш намуда, дар давоми сол қариб 500 метр набзидааст.

Бо сабабҳои тағйирёбии иқлим дар сатҳи забонаи пираҳи Гармо кӯлҳои назди забонагӣ ба вучуд омадааст. Камшавии майдони пираҳи Гармо дар солҳои наздик ба речаи оби ҳавзаи дарёи Обихингоб таъ-

сир манфӣ мерасонад. Аз рӯи таҳқиқоти олимон аз соли 1932 то соли 2011 пираҳи Гармо беш аз 7 километр коҳиш ёфтааст, ки дар байни пираҳҳои бузурги Осиёи Марказӣ аз ҷиҳати коҳишёбии мавқеи аввалро ишғол менамояд [10].

Ҷадвали 3. Солҳои набзиш намудани пираҳҳои набзонӣ ҳавзаи дарёи Гармо

№ Р/Т	Ном ва рақами пираҳ	Категория	L	dL	ΔT -сол
			км		
1.	229	2	10,4	1050 м	2000-2004
2.	240 Шокалский	1	25,5	1800 м	2014-2018
3.	241	2	4,3	1060 м	?-1998
4.	247*	-	3,9	1400 м	2000-2010
5.	248*	-	2,4	800 м	2005-2010
6.	264 Ванчдара	1	9,5	3600 м	?-2017
7.	266	2	4,4	800 м 300 м	1993-1998 2017-2022
8.	277	2	5,6	250 м	2004-2007
9.	279	3	4,5	600 м	2002-2010

1)-L дарозии умумии пираҳ аз рӯи Феҳристи пираҳҳои ИҶШС; 2)- dL тағйирёбии дарозӣ; 3)- ΔT давомнокии набзиши забонаи пираҳҳо дар давоми солҳо. 4- (*) пираҳҳои набзонии нав муайян гардида.

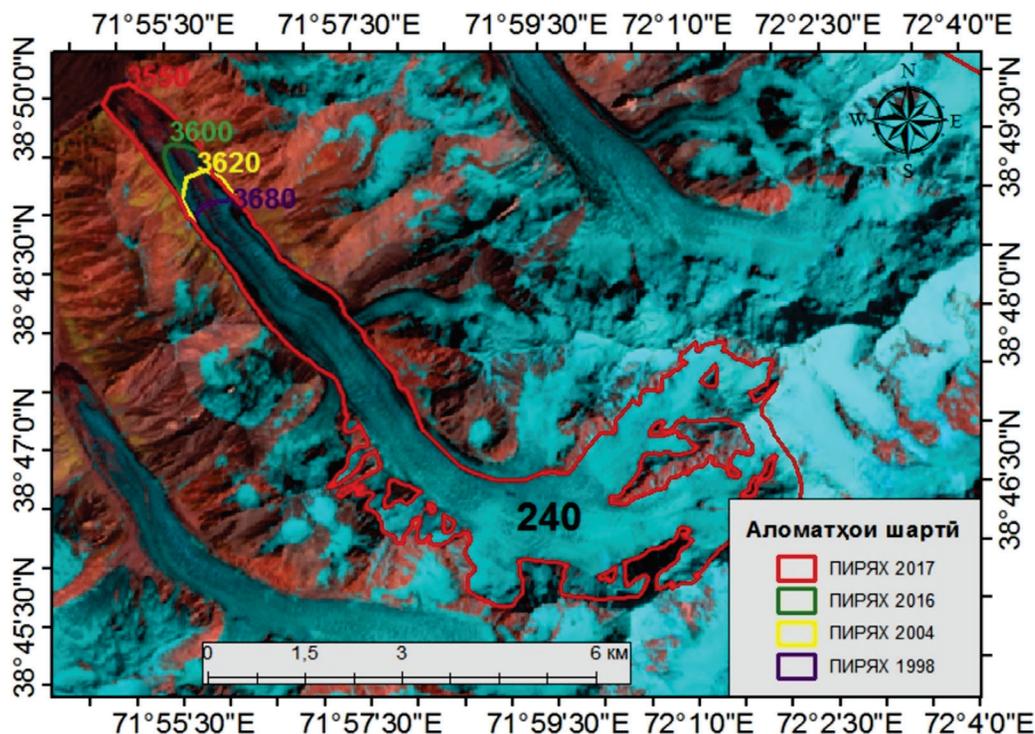
Пираҳи Вавилов дар қисмати чапи пираҳи Гармо ҷойгир буда, дарозии он 13 км-ро дар бар мегирад. Дар қисматҳои чапу рости пираҳи Вавилов 13-го пираҳи дигар ҷойгир мебошанд, ки аз онҳо 8 (№232, №233, №234, №235, №236, №237, №238, №239) тоаш ба пираҳҳои набзонӣ дохил мегардад. Дар қисмати поёни пираҳи Вавилов пираҳҳои Шокалский (12 километр), Ванчдара (9,5 километр), Токаист (2,5 километр) ва Сафедоб (3,2 километр) ҷойгиранд. Солҳои 1969 - 1971 забонаи пираҳи Вавилов қариб ба нисфи паҳноии забонаи пираҳи Гармо баромада, моренаҳои миёнаи пираҳро ба тарафи ростии пираҳ кучонда, барои қисмҳои болои пираҳи Беляев ва шохобҳои он сарбанд ба вучуд овардааст. То соли 1972 сарҳади поёнии ин пираҳ 300 - 400 метр пеш рафта, ҳангоми набзиш забонаи пираҳ дар қисмати поён васеътар шудааст. То соли 1980 забонаи пираҳи Вавилов бо забонаи

пираҳи Гармо якҷоя буда, баъди соли 1990 аз забонаи пираҳ, яъне аз пираҳи Гармо ҷудо шуда, тақрибан 200 м коҳиш ёфтааст [6]. Фаъолшавии навбатии забонаи пираҳи Вавилов аз соли 1993 оғоз гардида, то соли 2021 идома ёфтааст. Дар ин муддат забонаи пираҳ ҳамасола дар ҳолати набзиш қарор дошта, 2150 метр набзиш намудааст.

Пираҳи №240 (Шокалский) дар қисмати шимолу ғарбӣ, дар баландии 3020 то 3620 метр дар ҳавзаи дарёи Гармо ҷойгир буда, намуди морфологӣ он водигии мураккаб мебошад. Набзиши забонаи пираҳи Шокалский дар ибтидои соли 1975 муайян гардидааст, ки дар ин давра пираҳ 200-300 метр набзиш намуда, то соли 1976 ба 1 километр расидааст. Соли 1977 бошад 100 метр дигар ҳаракат кардааст. Забонаи пираҳи Шокалский дар соли 1990 аз танаи асосии пираҳи Гармо дар масофаи 3 километр ҷудо шудааст [5].

Набзиши навбати забонаи пиряхи мазкур дар соли 1998 мушохида гардида, то соли 2004 қариб 500 метр ба пеш рафтааст. Набзиши дигари забонаи пирях дар солҳои 2016 - 2017 ба қайд гирифта шуда, дар ин

муддат 1,8 километр набзиш намудааст ва соли 2018 суръати ҳаракати он суғ гардидааст. Аз соли 2018 то соли 2022 бошад набзиши навбатии пирях ба масофаи 200 метр ба қайд гирифта шудааст.



Расми 6. Набзиши забонаи пиряхи №240 (Шокалский) дар солҳои 1998 – 2017. Тасвир аз моҳвораи Landsat-08 аз сомонии (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) гирифта шудааст.

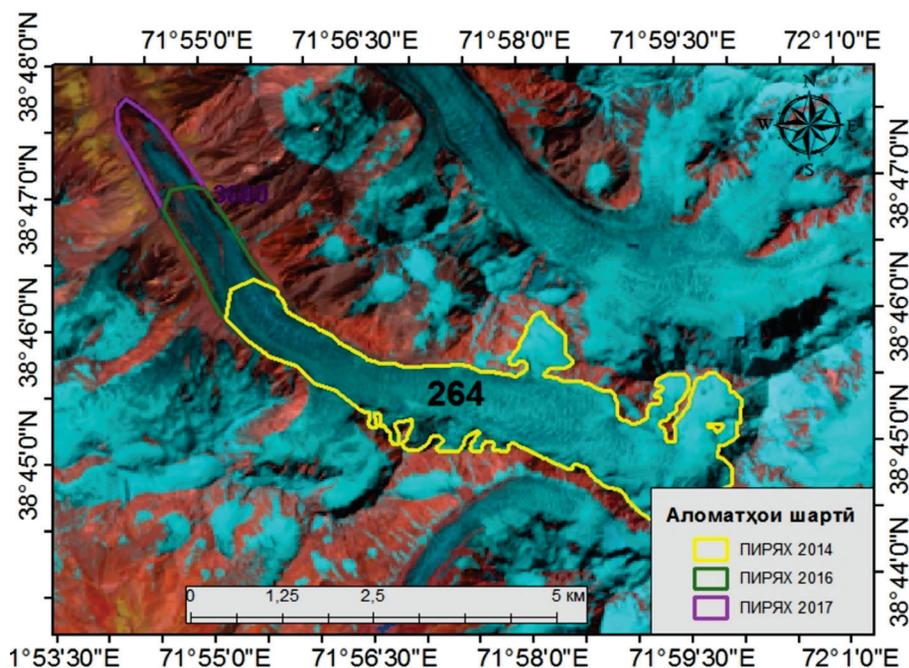
Ҷадвали 4. Солҳои набзиш намудани пиряхҳои набзони Шокалский

№ Р/Т	Солҳои ҳаракат	Масоҳати ҳаракат метр
1	2016	550
2	2017	1300
3	2018	200

Пиряхи набзони ҳавзаи дарёи Ванчдара

Пиряхи Ванчдара (№264) аз пиряхҳои № 265, №266 иборат буда, яке аз пиряхҳои асосӣ ба ҳисоб меравад. Пиряхҳои №264 ва №265 дорои якзабона мебошанд. Дар ибтидои фасли тобистони соли 1977 фаълшавии забонаи пиряхи №264 ба қайд гирифта шуда аз 1-01-1977 то 08-02-1978 забонаи пирях 2,1 километр набзиш намудааст [5-9].

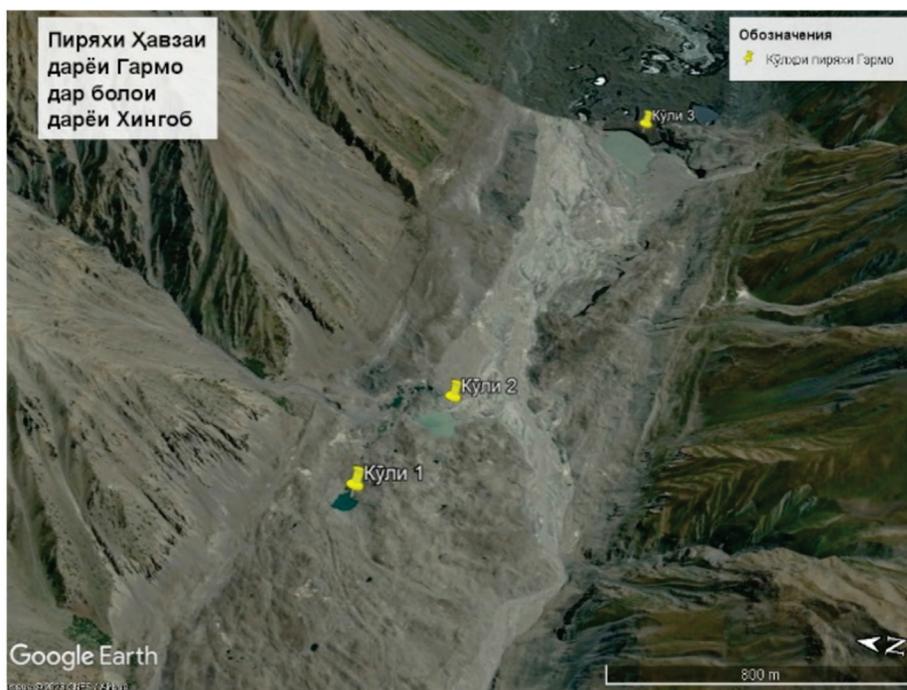
Мувофиқи маълумоти тасвири моҳворагӣ соли 2014 набзиши навбатии забонаи пиряхҳои №264 ва №265 мушохида гардида, то соли 2016 қариб 1600 метр ва то соли 2017 ба масофаи 3170 метр ҳаракат намудаанд. Соли 2019 забонаи пиряхи №264 канда шуда, 1,7 километр яхи мурдaro ба вучуд овардааст.



Расми 7. Набзиши забонаи пиряхи №264 (Ванчдара) аз соли 2014-2017. Тасвир аз мохвори Landsat-09 аз сомонаи <https://earthexplorer.usgs.gov/> гирифта шудааст.

Пиряхи №277 (Токаест) дар як маҷро бо пиряхҳои №278 ва №279 ҷойгир мебошад. Набзиши забонаи пиряхи №277 дар давоми солҳои 1973 - 1977 ба қайд гирифта шуда, дар ин давра забонаи ин пирях 120 метр ҳаракат намудааст. Давраи фаъолшавии навбатии забонаи он аз соли

2000 оғоз ёфта то соли 2010 давом кардааст. Аммо аз сабаби суръати ҳаракати набзиши сусти ҳамагӣ 280 метр ба пеш набзидааст. Пиряхи №279 ки дар паҳлуи чапи пиряхи №277 ҷойгир аст, аз соли 2002 то 2007 ба масофаи 700 метр ҳаракат намудааст.



Расми 8. Кулҳои назди забонагӣ дар пиряхи Гармо.

Дар забонаи пирияхи Гармо кӯлҳои назди забонаги муайян карда шуд, ки миқдори онҳо аз 15 адад зиёд мебошанд. Аз давраи омӯзиш муайян гардид, ки дар қисмати нӯги забона, қисмати мобайнӣ ва тарафи рости забона кӯлҳои яхин пайдо шудаанд. Кӯлҳои, ки дар забонаи пириях мавҷуданд дар давоми солҳо нисбатан тағйир ёфта, ин кӯлҳо ҳар сол масоҳаташон ё хурд мешавад ё калон. Дар забонаи пирияхи мазкур ҳамзамон се кӯли калон муайян карда шуд, ки ин кӯлҳои назди забонагӣ дар баландҳои 3120 метр аз сатҳи баҳр ҷойгир мебошанд. Дар расми 8 се кӯли калонро ишора намудем, ки масоҳати кӯли №30,1 км² дарозӣ, 246 метр ва паҳноӣ 421 метр дорад. Дар натиҷаи набзиши забонаи пирияхҳо метавонад кӯлҳои назди забонаи канда шаванд, ки боиси обҳезии кӯли пирияхҳои фалокатбор мегардад. Ин таваҷҷуҳи афзоида қисман ба потенциали хатари пешрави забонаи пирияхҳо вобаста аст.

Хулоса

Мувофиқи маълумоти Феҳристи пирияхҳои набзонӣ дар ҳавзаи дарёҳои Гармо ва Қирғизоб 34 пирияхи набзонӣ ба қайд гирифта шуда буд, аммо натиҷаи тадқиқот нишон дод, ки пирияхҳои №208, №216, №247, №248 низ характери набзонӣ доранд. Бинобар ин миқдори пирияхҳои набзонӣ дар ҳавзаҳои мазкур ба 38 адад расиданд.

Пирияхҳои №194, №209, №210, №198, №216 ба гуруҳи пирияхҳои набзонӣ дохил буда, дар ҳолати муқаррарӣ қарор доранд. Дар забонаи пирияхҳои мазкур аз давраи омӯзиш набзиш ба қайд гирифта нашудааст.

Пирияхи Дорофеев тахминан дар давоми 16 - 20 сол як маротиба набзиш намуда, ҳар як набзиши он қариб 5 сол давом мекунад. Ҳаракати охири пирияхи Дорофеев, ки аз соли 2018 шуруъ гардида то ҳол идома дорад ва набзиши он метавонад ба 6 километр расад.

Пирияхи Вавилов ҳосияти дохилина-

бзӣ дошта бо вучуди он, ки дар вақтҳои муайян набзишҳои бузург мекунад, дар вақтҳои оромӣ низ мунтазам бо ҳаракати суст набзида меистад.

Адабиёт

1. Говорушко, С.М. Ледники и их значение для человеческой деятельности / С.М. Говорушко // - Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2006. – №. 6. – С. 60-70.
2. Котляков, В.М. Кармадонская катастрофа: что случилось и чего ждать дальше / В.М. Котляков, О.В. Рототаева, Г.А. Носенко, Л.В. Десинов/ Н.И. Осокин, Р.А. Чернов // -Издательский дом Консорциум "Кодекс", Москва.- 2014.- 184с.
3. Коновалов, В.Г. Определение характеристик ледников по данным дистанционного зондирования (ДЗЗ) / В.Г. Коновалов, В.А. Рудаков // - Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. – 2015. – Т. 8. – №. 1. – С. 98-107.
4. Долгушин Л.Д., Осипова Г.Б. Природа Мира. Ледники. – Мысль: Москва, 1989. – 477с.
5. Котляков, В.М. Подвижки ледников Памира в первые 20 лет XXI века / В. М. Котляков, Л.В. Десинов, С.Л. Десинов, В.А. Рудаков В. А. // - Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2020. – Т. 495. – №. 1. – С. 64-68.
6. Блешунов, А.В. 2-й выпуск ежегодника советского альпинизма «Побежденные вершины», под общей редакцией Е.Д. Симонова. Побежденные вершины / А.В. Блешунов // 1949. - Выпуск 2. - С. 46-83.
7. Осипова, Г.Б. Что дает мониторинг пульсирующих ледников? / Г.Б. Осипова, Д. Г. Цветков // Природа. – 2003. – №. 4. – С. 3-13.
8. Kotlyakov, V M. Fluctuations of unstable mountain glaciers: scale and character / V. M. Kotlyakov, G.V. Osipova, D.G. Tsvetkov // - Annals of Glaciology. – 1997. – Т. 24. – С. 338-343.
9. Kotlyakov, V.M. Monitoring surging glaciers of the Pamirs, central Asia, from space / V.M. Kotlyakov, G.V. Osipova, D.G. Tsvetkov // - Annals of Glaciology. – 2008. – Т. 48. – С. 125-134.
10. Почему ледники Таджикистана тают и насколько это опасно для нас? cabar.asia/ru/pochemu-ledniki-tadzhikistana-tayut-i-naskolkoto-opasno-dlya-nas – (Дата обращения 12 сентября 2024года).
11. Copland, L. Expanded and recently increased glacier surging in the Karakoram / L. Copland, T. Sylvestre et al., // - Arctic, Antarctic, and Alpine Research. – 2011. – Т. 43. – №. 4. – С. 503-516.

12. Sevestre H., Benn D. I. Climatic and geometric controls on the global distribution of surgetype glaciers: implications for a unifying model of surging / H. Sevestre, D. I. Benn //Journal of Glaciology. – 2015. – Т. 61. – №. 228. – С. 646-662.
13. Погода и климат: официальный сайт. – Москва. – URL: [электронный ресурс]. <http://www.pogodaiklimat.ru/>. – (Дата обращения 11 сентября 2024года).
14. Осипова, Г.Б. Каталог пульсирующих ледников Памира / Г.Б. Осипова Д.Г. Цветков, А.С. Щетинников, М.С. Рудаков// - Материалы гляциологических исследований. – 1998. – №. 85. – С. 3-136.
15. Каталог ледников СССР. Том 14. Средняя Азия. Выпуск 3. Бассейн р. Аму-Дарьи. Часть 9. Бассейн р.Обихингоу. Гидрометеоздат, Ленинград, 1978.-109 с.

ИЗУЧЕНИЕ ПУЛЬСИРУЮЩИХ ЛЕДНИКОВ БАССЕЙНА РЕК КИРГИЗОБ И ГАРМО МЕТОДОМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Саидзода Х.^{1,*}

¹Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников Национальной Академии наук Таджикистана»

*Автор-корреспондент. E-mail: khaticha.cryos@gmail.com

Аннотация. Мониторинг дистанционное зондирование является единственным методом получения первичной информации о состоянии пульсации и изменениях баланса массы ледников. В статье приводится описание мониторинга пульсирующих ледников в бассейнах рек Киргизоб и Гармо, а также представлены результаты космического мониторинга пульсирующих ледников. В рамках исследования использовались снимки, полученные с американских спутников Landsat 5 (TM), Landsat 7 (ETM+), Landsat 8 (OLI), Sentinel 2a MSI. В ходе исследования были проанализированы результаты космического мониторинга ледников Киргизоб и Гармо за 1993 - 2022 годы. В этих бассейнах выявлено 38 пульсирующих ледников.

Ключевые слова: пульсирующие ледники, дистанционное зондирование, озера, река Обихингоб, климат, осадки.

STUDY OF SURGING GLACIERS OF THE KIRGHIZOB AND GARMO RIVER BASINS BY REMOTE SENSING METHOD

Saidzoda Kh.^{1,*}

¹State Scientific Institution «Center for Research of Glaciers of the National Academy of Sciences of Tajikistan»

*Corresponding author. E-mail: khaticha.cryos@gmail.com

Abstract. Remote sensing monitoring is the only method of obtaining primary information about the state of surging and changes in the balance mass of glaciers. This article describes the monitoring of surging glaciers in the Kyrgyzob and Garmo river basins, and the results of space monitoring of surging glaciers were determined. The images obtained from the American satellites Landsat 5 (TM), Landsat 7 (ETM+), Landsat 8 (OLI), Sentinel 2a MSI, were used for the study. During the study, the results of space monitoring of the Kyrgyzob and Garmo glaciers from 1993 - 2022 were analyzed and 38 surging glaciers were identified in these basins.

Keywords: surging glaciers, remote sensing, lakes, Obihingob river, climate, precipitation.

Маълумот оид ба муаллиф. Саидзода Хатича - ходими илмии шуъбаи “Мониторинги пирахҳо, криосфера, гляциология ва ГИС технология”-и Муассисаи давлатии илмии “Маркази омӯзиши пирахҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон”. Тел.: (+992) 933 93 7060; E-mail: khaticha.cryos@gmail.com.

Сведения об авторе. Саидзода Хатича - научный сотрудник отдела «Мониторинг ледников, криосферы, гляциологии и ГИС-технологий» Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана». E-mail: khaticha.cryos@gmail.com; Тел.: (+992) 93 393 7060.

Information about the author. Saidzoda Khaticha. Researcher, Department of Monitoring of Glaciers, Cryosphere, Glaciology and GIS Technologies, State Scientific Institution "Center for Glacier Research of the National Academy of Sciences of Tajikistan". E-mail: khaticha.cryos@gmail.com, Tel.: (+992) 93 393 7060.

УДК 551.324+551.324.63+504.4+528.88

МОНИТОРИНГ СОВРЕМЕННОЙ ДЕГЛЯЦИАЦИИ ЛЕДНИКА ВАНДЖЯХ (ФЕДЧЕНКО) И ДИНАМИКИ ПРОГЛЯЦИАЛЬНЫХ ОЗЕР

Сафаров М.С.^{1,2}, Фазылов А.Р.^{3,*}, Гулаёзов М.Ш.^{2,4},
Наврүзшоев Х.Д.^{5,6}, Муродов М.Х.^{4,5}

¹Северо-западный Институт экосреды и ресурсов Китайской академии наук

²Научно-исследовательский центр экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе)

³Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана

⁴Синьцзянский институт экологии и географии Китайской академии наук

⁵Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана»

⁶Институт исследования горных сообществ Университета Центральной Азии, Душанбе, Таджикистан

*Автор-корреспондент. E-mail: alifazilov53@gmail.com

Аннотация. Ледники являются одними из ключевых территориальных индикаторов изменения климата. Реализованные исследования были посвящены мониторингу отступления ледника (современная дегляциация) Ванджях (Федченко) и динамики прогляциальных озер с использованием данных спутников Ландсат и Сентинел-2 за период с 2010 по 2024 годы. По данным спутникового мониторинга установлено, что исследуемый ледник демонстрирует отступление в своей языковой части, с увеличением объема прогляциальных озер. На основе разновременной аэрокосмической съемки и материалов наземных наблюдений получены данные о динамике озер. В частности, в 2010 году было выявлено небольшое озеро площадью около 5210 м² а к 2019 году её общая площадь достигла максимума своего размера и составила 214698 м². Вместе с тем следует отметить, что в последующие годы началось постепенное уменьшение и в 2024 году она была равна 16008 м². На основе полученных результатов можно констатировать, что ледник Ванджях испытывает ускоренное таяние, что приводит к значительным изменениям площади озер и в гидрологическом режиме региона. Таяние ледников может временно увеличить доступность воды, однако долгосрочные тенденции указывают на возможное снижение водоснабжения, что усугубляет проблемы нехватки воды в регионе. Понимание этих процессов имеет решающее значение для планирования водных ресурсов и стратегий адаптации к изменению климата. Таким образом, актуальность непрерывного мониторинга, с целью эффективного управления водными ресурсами и адаптации к изменениям климата не вызывает сомнений.

Ключевые слова: Таджикистан, ледник, озеро, Ванджях, мониторинг, дистанционное зондирование Земли, спутники, Ландсат, Сентинел-2.

Введение

Генеральная Ассамблея ООН 14 декабря 2022 года, в ходе 77-й сессии единогласно приняла резолюцию «2025 год - Международный год сохранения ледников», представленную Таджикистаном, утвердившая следующие мероприятия мирового значения: «Объявление 21 марта Международным Днём защиты ледников»; «Объявление 2025 года Международным Годом сохранения ледников»; «Создание международного трастового фонда при ООН для содействия защите ледников»; «Проведение в 2025 году Международной конференции по защите ледников в городе Душанбе».

Ледники занимающие около 6% территории Таджикистана, существенно влияют на формирование стока. В условиях изменения климата непосредственно влияющее на объем ледников - источников питания и водности рек, до 10-20% подпитывающие сток крупных рек, а в сухие и жаркие годы вклад ледников в водные ресурсы отдельных рек в летнее время может достигать до 70%, ведут к ежегодному их таянию. Следует отметить, что за последние несколько десятилетий исчезла почти треть общего объема ледников Таджикистана, из которых формируются более 60 процентов водных ресурсов Центрально-Азиатского региона. Следова-

тельно, изучение состояния ледников и их воздействие на водность рек в условиях изменения климата актуально и является фактором не только национального, но также и регионального масштаба.

Горные ледники являются одними из индикаторов изменения климата, быстро реагируя на изменения температуры и осадков. Обладая значительными запасами пресной воды, ледники имеют решающее значение для поддержания экосистем и населения во многих горных регионах [1-3]. В последние десятилетия наблюдаются тревожные темпы отступления ледников по всему миру, вызванные в первую очередь антропогенным изменением климата [4-5]. Ледник Ванджях (ранее Федченко), расположенный в горах Памира в Таджикистане, является одним из крупнейших ледников в этом регионе и служит важным гидрологическим ресурсом. Ледник Ванджях испытывает ускоренное таяние, что приводит к значительной потере массы и морфологическим изменениям [6]. Это отступление не только влияет на сам ледник, но и влияет на гидрологический режим прилегающих территорий, что приводит к изменениям в характере речного стока, которые влияют как на экологическое здоровье, так и на водоснабжение местных сообществ. Кроме того, продолжающееся отступление и таяние ледников способствуют расширению прогляциальных озер, что может модулировать перенос наносов и увеличивать риск прорывов ледниковых озер (GLOFs), явления, которое представляет значительную угрозу для населения, живущего ниже по течению [7].

В Таджикистане, где талая ледниковая вода является основным источником пресной воды для сельского хозяйства, гидроэнергетики и бытового использования, последствия этих изменений являются серьезными. По мере уменьшения ледника Федченко управление водными ресурсами становится все более сложным.

Исследования показывают, что, хотя таяние ледников может временно увеличить доступность воды, длительное отступление в конечном итоге приведет к снижению водоснабжения, усугубляя проблемы нехватки воды в регионе [8]. Понимание динамики ледника Ванджях и прогляциальных озер, имеет решающее значение для долгосрочного планирования водных ресурсов и стратегий адаптации к изменению климата.

Технологии дистанционного зондирования изменили способность исследователей провести мониторинг динамики ледников в глобальном масштабе. Спутниковые платформы, такие как Ландсат и Сентинел-2, предлагают многоспектральные изображения высокого разрешения, позволяющие проводить подробные наблюдения за изменениями поверхности земли с течением времени, включая отступление ледников и расширение озер [9-10]. Возможность анализировать обширные наборы данных с помощью передовых методов, улучшает наше понимание пространственных и временных тенденций ледниковых и гидрологических изменений. В частности, эти методы позволяют извлекать сезонные и годовые изменения, что позволяет исследователям оценивать воздействие изменений, вызванных климатом, на региональную гидрологию.

Целью наших исследований является изучение отступления ледника Ванджях и сопутствующего расширения прогляциальных или моренных озер (далее озера) с использованием комбинации снимков Ландсат и Сентинел-2 за последние десятилетия. В частности, в процессе исследований были использованы снимки Ландсат 5 и 8, Сентинел-2 а также снимки Google Earth для перекрестной проверки результатов мониторинга изменений в языковой части ледника. Интегрируя эти анализы, мы стремились получить информацию о изменениях в нижней части ледника с 2010 по 2024 гг., подчеркивая

важность непрерывного мониторинга для эффективного управления водными ресурсами и инициатив по адаптации к изменению климата.

Район исследования

Ледник Ванджях, ранее известный как ледник Федченко, расположен в верховьях бассейна реки Амударья, на Памира, в Таджикистане (рисунок 1). Он является самым длинным ледником за пределами полярных регионов, его протяженность составляет около 77 километров [11]. Средняя ширина ледника составляет 2 км, а максимальная толщина льда достигает

1 км. Объем ледника с притоками составляет 144 км³. Начало ледника расположено на высоте 6200 м. над уровнем моря, а его нижняя часть, или язык, находится на высоте 2909 м. над уровнем моря [12]. Климат в этом районе характеризуется западным контролем снегопадов зимой и теплым, сухим летом. Долгосрочные измерения температуры на станции Горбунов (высота 4200 м, недалеко от ледника Федченко) показывают положительные среднесуточные температуры воздуха с конца мая по начало октября [13].

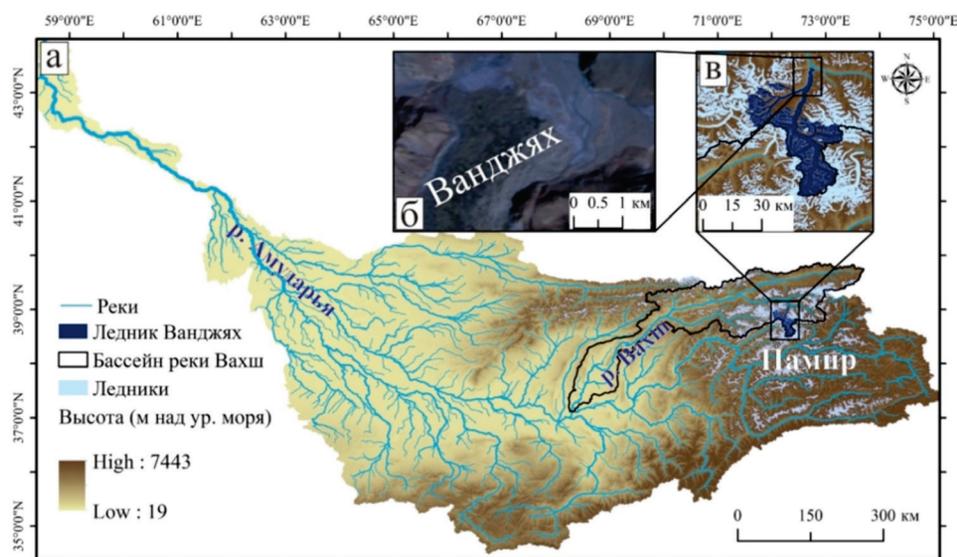


Рисунок 1. Район исследования ледника Ванджях в бассейне реки Амударья. ЦМР взяты из глобального 30-метрового набора данных Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), загруженного с сайта Open Topography (<https://portal.opentopography.org>).

Ледник Ванджях (Федченко), является важнейшим компонентом гидрологии региона, существенно влияющий на сток талой воды в речные системы ниже по течению, включая реки Муксу, Вахш и Амударья. Между фронтом ледника и небольшими фрагментами террасообразных форм отложений в разное время были расположены несколько озер [14]. По мере потепления климата ледник Федченко испытывает ускоренное таяние, что приводит к образованию и расширению озер на его языковой части. Эти озера образуются, когда талая ледниковая вода

накапливается в углублениях, созданных движением ледника и эрозией лежащего под ним ландшафта. Динамика этих озер тесно связана с отступлением ледника, поскольку увеличение талой воды способствует их росту и изменению гидрологических характеристик.

Наборы данных и методология исследования

Для мониторинга отступления ледника Ванджях и динамики прогляциальных озер в данном исследовании использовались данные спутников Ландсат 5, Ландсат 8 и Сентинел-2. Снимки были собра-

ны за период с 2010 по 2024 гг (Таблица 1). Ландсат 5 - запущенный в 1984 году, спутник стал пионером в области дистанционного зондирования оснащенной мультиспектральной системой, позволяющий получать изображения в различных спектрах, значительно расширяющее возможности мониторинга природных ресурсов и экологических изменений. Данные Ландсат 5 благодаря своей многолетней базе данных использовались нами для анализа долгосрочных изменений - отступление ледников и изменение состояния волных объектов.

Ландсат 8, запущенный в 2013 году, стал следующим шагом в эволюции спутниковой съемки, он оснащённый более современными сенсорами (Operational Land Imager (OLI) и Thermal Infrared

Sensor (TIRS)), обеспечивающие более высокое пространственное и спектральное разрешение. При этом они обеспечивают сезонное покрытие глобальной суши с пространственным разрешением 30 метров (видимое, инфракрасное, SWIR); 100 метров (тепловое); и 15 метров (панхроматическое), позволяющее более точно отслеживать изменения на поверхности Земли, включая динамику ледников и озёр, что особенно важно для исследований в условиях изменения климата.

Сентинел-2 - часть программы Copernicus, запущенная в 2015 году, предлагает ещё более высокое разрешение и частоту съемки, позволяющее получать изображения с разрешением до 10 метров, способствующие детальному анализу изменения в экосистемах и водных ресурсах.

Таблица 1. Спутниковые данные Ландсат и Сентинел 2, использованные в исследовании.

Дата	Продукт	Датчик	Разрешение (м)	Источник
2010/09/04	Ландсат 5	TM	30	U.S. Geological Survey Earth Resources Observation and Science (EROS) Centerearthexplorer.usgs.gov/ and Glovis (usgs.gov), Google Earth Engine, European Space Agency (ESA) Copernicus Program
2011/09/07	Ландсат 5	TM	30	
2014/09/08	Ландсат 8	OLI	15*	
2017/08/27	Сентинел-2	MSI	10	
2019/07/28				
2019/10/11				
2020/08/06				
2021/08/16				
2022/07/17				
2022/07/27				
2022/08/31				
2024/09/04				

Примечание: * Паншарпенинг панхроматических и мультиспектральных изображений.

Кроме того для получения данных о состоянии водоемов и их демаркации нами были использованы спутниковые снимки Sentinel-2 для анализа выбранных участков с использованием нормализованного разностного водного индекса (Normalized Difference Water Index, NDWI) - это индекс, который используется для выявления водных тел в спутниковых или аэрокосмических изображениях что кри-

тически важно для мониторинга прогляциальных озёр и состояния окружающей среды.[15]. Для Sentinel-2 значения NDWI рассчитывались в ArcGIS по следующим формулам:

$$NDWI = \frac{(Green - Near Infrared)}{(Green + Near Infrared)} \quad (1)$$

Спутниковые платформы обеспечивают многоспектральные изображения высокого разрешения, что позволяет

проводить подробные наблюдения за изменениями на поверхности земли с течением времени [16-17]. Анализ данных проводился с использованием методов дистанционного зондирования, которые позволяют извлекать значимую информацию о динамике ледников и озер [9]. Для перекрестной проверки результатов использовались также снимки Google Earth, что увеличивает надежность полученных данных. В ходе исследования была использована методология, включающая обработку изображений, классификацию и анализ данных, что позволило получить объективные результаты о состоянии нижней части ледника и её озер.

Результаты и их обсуждения

Данные спутникового мониторинга позволяют утверждать, что ледник Ванджях демонстрирует значительное отступление. За исследуемый период была зафиксирована значительная потеря площади языковой части ледника, что привело к увеличению объема озер. Подобные

изменения могут оказывать значительное влияние на гидрологический баланс региона.

Анализ снимков Ландсат и Сентинел-2 языковой части ледника с 2010 по 2024 год (рисунок 2 и 3) выявил динамику в площади озер, где небольшое озеро было выявлено в 2010 г. с площадью около 5210 м². К 2014 уже было обнаружено 4 озера с общей площадью 65521 м² а в 2019 общая площадь озер достиг максимального 214698 м² где далее постепенно начало уменьшаться до 16008 в 2024 г (рисунок 4).

Прогляциальные озера, расположенные на языке ледника Федченко, особенно важны для понимания воздействия таяния ледников на местные экосистемы и водные ресурсы. По мере увеличения размеров этих озер они могут изменять поток талой воды вниз по течению, влияя на речные системы и морфологию рек (рисунок 3ж) и потенциально приводя к изменениям в переносе осадков и качестве воды.

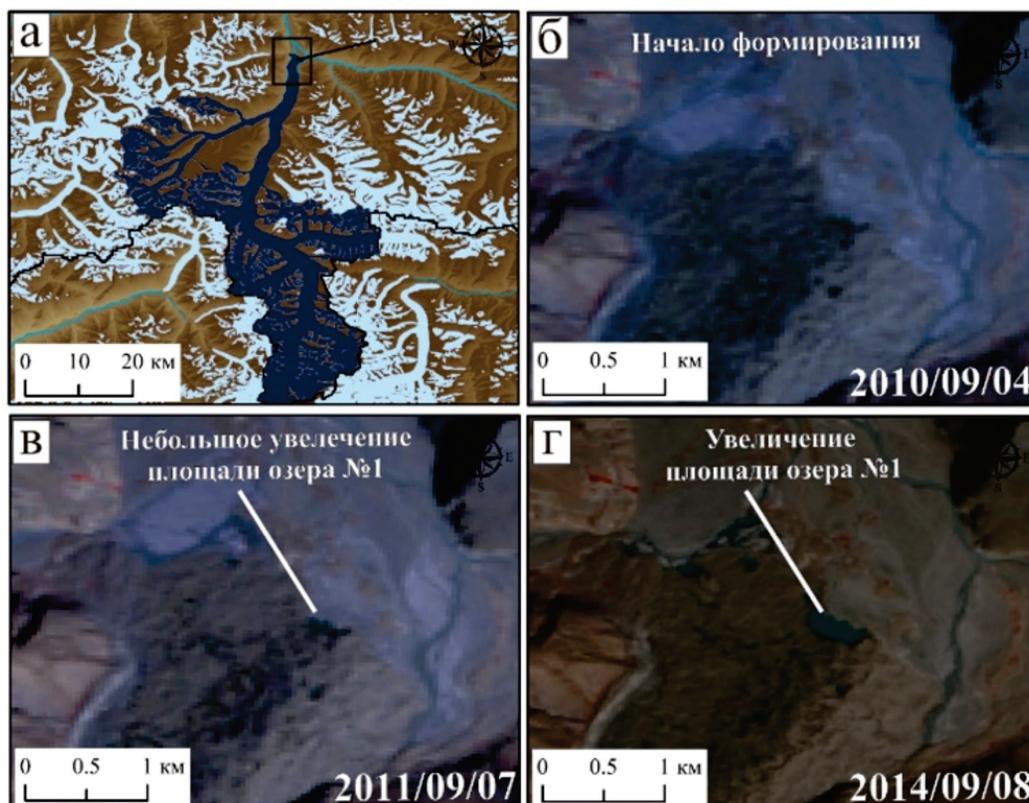


Рисунок 2. Формирование и эволюция озер на нижней части ледника Ванджях с 2010 по 2014.

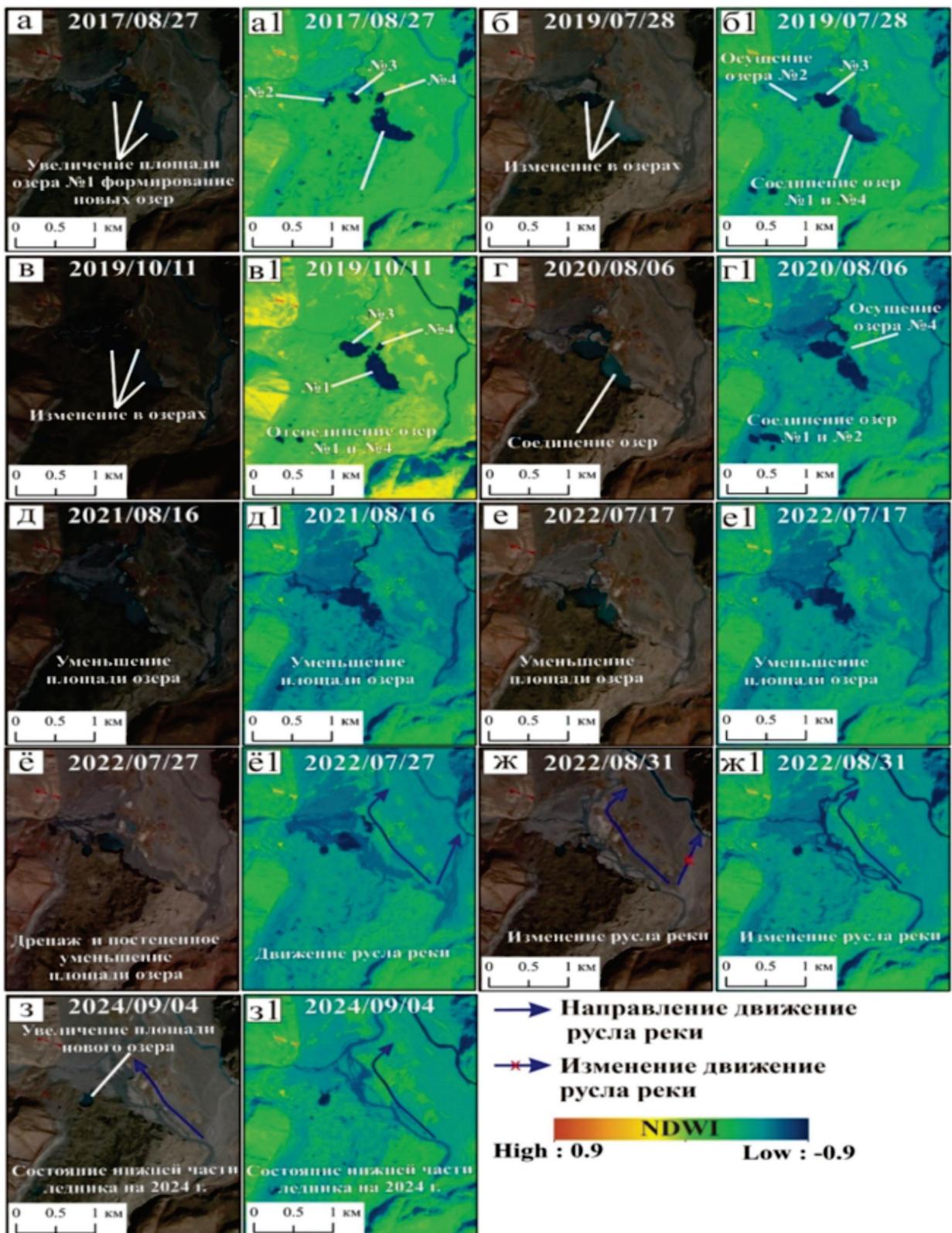


Рисунок 3. Эволюция ледниковых озер с 2017 по 2024 в языковой части ледника Ванджях.

Взаимодействие между ледником и этими озерами является ключевой областью исследования, поскольку оно дает представление о более широких последствиях изменения климата в горных регионах в том числе влияя на таяние ледника в языковой части.

Более низкое альбедо озер может усиливает поглощение солнечной радиации, повышая температуру воды и ускоряя таяние льда. Это потепление не только передает тепло льду, но и увеличивает термическое подрезание, которое, наряду с отколом, способствует ускоренному таянию ледников.

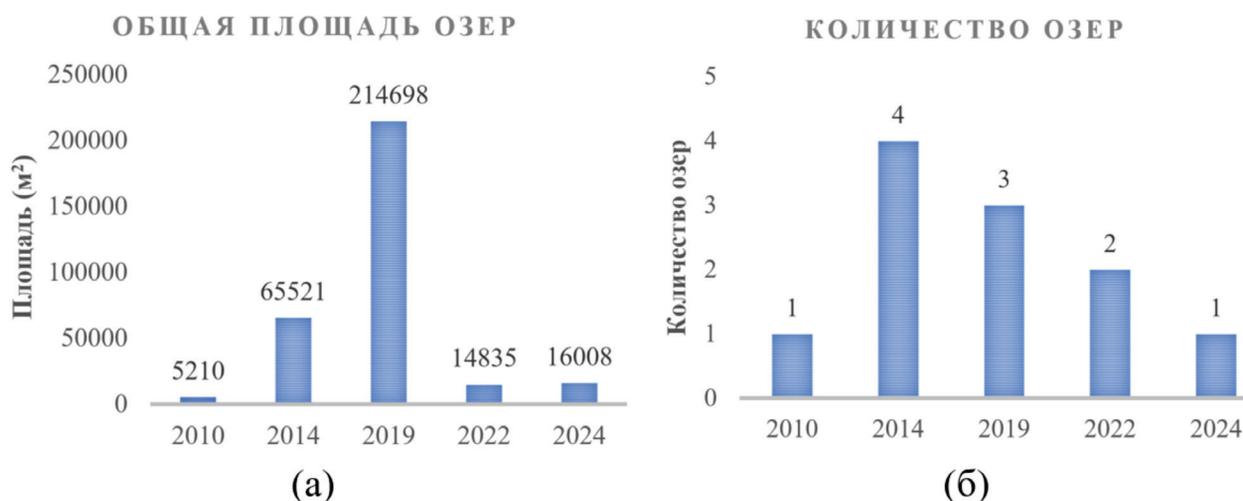


Рисунок 4. Изменение площади и прогляциальных озер ледника Ванджях с 2010 по 2024.

Выводы

Исследования (2010 по 2024 гг), по изучению отступления ледника и динамики прогляциальных озер с использованием данных спутников Ландсат и Сентинел-2, позволили установить, что ледник Ванджях испытывает ускоренное таяние, приводящее к значительным изменениям площади озер и в гидрологическом режиме региона. Таяние ледников может временно увеличить доступность воды, однако долгосрочные тенденции указывают на возможное снижение водоснабжения, что усугубляет проблемы нехватки воды в регионе. Понимание этих процессов имеет решающее значение для планирования водных ресурсов и стратегий адаптации к изменению климата.

Кроме того, изменения в речном стоке, вызванные отступлением ледника Ванджях, могут иметь долгосрочные последствия для водоснабжения местных сообществ. Хотя снижение ледниковой массы может временно увеличить доступ-

ность воды, долгосрочные тенденции показывают, что это приведет к снижению водоснабжения, усугубляя проблемы нехватки воды в регионе.

Литература

1. Upadhyay, R. K. (2020). Markers for Global Climate Change and Its Impact on Social, Biological and Ecological Systems: A Review. *American Journal of Climate Change*, 9, 159-203. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2020.93012>
2. Nanni, U., Scherler, D., Ayoub, F., Millan, R., Herman, F., and Avouac, J.-P.: Climatic control on seasonal variations in mountain glacier surface velocity, *The Cryosphere*, 17, 1567–1583, <https://doi.org/10.5194/tc-17-1567-2023>, 2023.
3. Мынын-оол А.А. Негативные последствия таяния ледников для жизнедеятельности населения и экологии // Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №9/2023. Стр. 4511-4517.
4. Мухаббатов, Х. М. Значение ледников Памира в условиях изменения климата / Х. М. Мухаббатов // Современные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды на пространстве СНГ : Сборник тезисов Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Российского государственного гидрометеорологического

- университета, Санкт-Петербург, 22–24 октября 2020 года. – Санкт-Петербург: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2020. – С. 392-393. – EDN BGWTFJ.
5. Safarov M, Kang SC, Murodov M, Banerjee A, Navruzshoev H, Gulayozov M, Fazylov A, Vosidov F (2024) Quantifying glacier surging and associated lake dynamics in Amu Darya river basin using UAV and remote sensing data. *Journal of Mountain Science* 21(9). <https://doi.org/10.1007/s11629-023-8538-z>
 6. Салихов Ф.С., Шодии Бек. Особенности влияния глобального потепления на ледники Таджикистана. *Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы защиты экологии и климата», посвященной Всемирному дню ледников»* (18-21 марта 2023 года), Душанбе. - 2023, стр. 157-163.
 7. Bhambri R, Hewitt K, Kawishwar P, et al. (2017) Surge-type and surge-modified glaciers in the Karakoram. *Sci Rep* 7: 1-14. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15473-8>
 8. Chen, Y., Su, Z., & Zhu, X. (2024). The impact of climate change on water resources: Mechanism analysis, challenge assessment, and response strategies. *Advances in Resources Research*, 4(4), 806-818.
 9. Safarov M, Kang SC, Fazylov A, Gulayozov M, Banerjee A, Navruzshoev H, Chen P, Xue Y, Murodov M (2024b) Estimating glacier dynamics and supraglacial lakes together with associated regional hazards using high-resolution datasets in Pamir. *Journal of Mountain Science* 21(11). <https://doi.org/10.1007/s11629-024-8936-x>
 10. Atefi MR, Miura H (2022) Detection of Flash Flood Inundated Areas Using Relative Difference in NDVI from Sentinel-2 Images: A Case Study of the August 2020 Event in Charikar, Afghanistan. *Remote Sens.* 2022, 14: 3647. <https://doi.org/10.3390/rs14153647>
 11. Котляков В.М., Десинов Л.В., Рудаков В.А. Подвижка ледника Бивачного в 2012–2015 гг. *Лёд и Снег*. 2015;55(2):133-140. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2015-2-133-140>
 12. Рауфов, Р. Н. Влияние изменения климата на состояние ледников и режим речного стока Таджикистана / Р. Н. Рауфов, Р. Р. Давлятов // *Peasant*. – 2015. – № 1. – С. 57-59. – EDN ТТААВЗ.).
 13. Nanni, U., Scherler, D., Ayoub, F., Millan, R., Herman, F., and Avouac, J.-P.: Climatic control on seasonal variations in mountain glacier surface velocity, *The Cryosphere*, 17, 1567–1583, <https://doi.org/10.5194/tc-17-1567-2023>, 2023.
 14. Iwata, Shuji (2009) Mapping Features of Fedchenko Glacier, the Pamirs, Central Asia from Space. *Geographical Studies*, №84 2009) 84 pp.
 15. Мониторинг и анализ современного состояния природных опасностей в Таджикистане: интеграция БПЛА и данных дистанционного зондирования земли / М. С. Сафаров, А. Р. Фазылов, М. Ш. Гулаезов [и др.] // *Водные ресурсы, энергетика и экология*. – 2024. – Т. 4, № 1. – С. 151-166. – EDN DNSQKU.
 16. Сутырина Е. Н. Дистанционное зондирование земли : учеб. пособие / Е. Н. Сутырина. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. – 165 с. ISBN 978-5-9624-0801-9
 17. Murodov, M.; Li, L.; Safarov, M.; Lv, M.; Murodov, A.; Gulakhmadov, A.; Khusrav, K.; Qiu, Y. A Comprehensive Examination of the Medvezhiy Glacier’s Surges in West Pamir (1968–2023). *Remote Sens.* 2024, 16, 1730. <https://doi.org/10.3390/rs16101730>

МОНИТОРИНГИ ДЕГЛЯТСИЯИ МУОСИРИ ПИРЯХИ ВАНЦЯХ (ФЕДЧЕНКО) ВА ДИНАМИКАИ КЎЛҶОИ НАЗДИПИРЯХӢ

Сафаров М.С.^{1,2}, Фазылов А.Р.^{3,*}, Гулаёзов М.Ш.^{2,4},
Наврӯзшоев Х.Д.^{5,6}, Муродов М.Х.^{4,5}

¹Институти шимолу гарбии муҳити зист ва захираҳо, Академияи илмҳои Чин

²Маркази тадқиқоти экология ва муҳити зисти Осиеи Марказӣ (Душанбе)

³Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

⁴Институти экология ва географияи Шинҷон, Академияи илмҳои Чин

⁵Муассисаи давлатии илми "Маркази омӯзиши пиряхҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон"

⁶Институти илмӣ-тадқиқоти ҷамъиятҳои кӯҳсори Доншизоҳи Осиеи Марказӣ (Душанбе)

*Муаллифи масъул. E-mail: alifazilov53@gmail.com

Шарҳи мухтасар. Пиряхҳо яке аз нишондиҳандаҳои асосии ҳудудии тағйирёбии иқлим мебошанд. Қори мазкур ба мониторинги ақибнишини пиряхи Ванҷах (Федченко) ва динамикаи кӯлҳои наздипиряхӣ бо истифода аз маълумоти моҳвораҳои Ландсат ва Сентинел-2 дар давраи аз соли 2010 то 2024 баҳшида шудаанд. Тибқи маълумоти мониторинги моҳвораӣ, муайян карда шудааст, ки пиряхи тадқиқаванда дар қисмати забонаи худ бо афзоиши ҳаҷми кӯлҳои наздипиряхӣ ақибнишинӣ нишон медиҳад. Дар асоси аксардори гуногуни моҳвораӣ маълумот оид ба динамикаи кӯлҳо ба даст оварда шудааст. Аз ҷумла, дар соли 2010 кӯлҳои хурде бо масоҳати тақрибан 5210 м² ошкор карда шуд ва то соли 2019 майдони умумии онҳо ба ҳадди аксар расид ва 214698 м²-ро ташкил дод. Дар баробари ин, бояд қайд кард, ки дар солҳои минбаъда коҳиши тадриҷӣ оғоз ёфт ва дар соли 2024 он ба 16008 м² баробар буд. Дар асоси натиҷаҳои бадастомада метавон гуфт, ки пиряхи Ванҷах обишави босуръатро аз сар мегузаронад, ки ба тағйироти назаррас дар майдони кӯлҳо ва режими гидрологии минтақа оварда мерасонад. Обишави пиряхҳо метавонад муваққатан дастрасии обро афзоиш диҳад, аммо тамоюлҳои дарозмуддат ба коҳиши эҳтимолии таъминоти обишиора мекунад, ки мушкилоти норасоии обро дар минтақа шадидтар мекунад. Фаҳмидани ин равандҳо барои банақшагири захираҳои об ва стратегияҳои мутобиқшавӣ ба тағйирёбии иқлим муҳим аст. Ҳамин тариқ, аҳамияти мониторинги доимӣ бо мақсади идоракунии самараноки захираҳои об ва мутобиқ шудан ба тағйирёбии иқлим шубҳае ба миён намеорад.

Калидвожаҳо: Тоҷикистон, пирях, кӯл, Ванҷах, мониторинг, зондкунӣ, фосилави Замин, моҳвора, Ландсат, Сентинел-2.

MONITORING OF MODERN DEGLACIATION OF VANJAKH GLACIER (FEDCHENKO) AND DYNAMICS OF PROGLACIAL LAKES

Safarov M.S.^{1,2}, Fazilov A.R.^{3,*}, Gulayozov M.Sh.^{2,4},
Navruzshoev H.D.^{5,6}, Murodov M.Kh.^{4,5}

¹Northwest Institute of Ecology and Resources, Chinese Academy of Sciences

²Research Center for Ecology and Environment of Central Asia (Dushanbe)

³Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan

⁴Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences

⁵State Scientific Institution "Glacier Research Center, National Academy of Sciences of Tajikistan"

⁶Institute for Mountain Societies Research, University of Central Asia, Dushanbe, Tajikistan

*Corresponding author. E-mail: alifazilov53@gmail.com

Abstract. Glaciers are one of the key territorial indicators of climate change. The conducted research was devoted to monitoring the retreat of the Vanjakh (Fedchenko) glacier (modern deglaciation) and the dynamics of proglacial lakes using data from Landsat and Sentinel-2 satellites for the period from 2010 to 2024. According to satellite monitoring data, it was found that the studied glacier shows a retreat in its lingual part, with an increase in the volume of proglacial lakes. On the basis of multi-temporal aerospace imagery and ground observations, data on the dynamics of lakes were obtained. In particular, in 2010 a small lake with an area of about 5210 m² was identified and by 2019 its total area reached the maximum of its size and amounted to 214698 m². However, it should be noted that in the following years a gradual decrease followed, and in 2024 it was equal to 16008 m². Based on the results

obtained, it can be stated that the Vanjyah glacier is experiencing accelerated melting, which leads to significant changes in the area of lakes and in the hydrological regime of the region. Glacial melting may temporarily increase water availability, but long-term trends indicate a possible decline in water supply, which exacerbates water scarcity problems in the region. Understanding these processes is crucial for water resources planning and climate change adaptation strategies. Thus, continuous monitoring is essential for effectively managing water resources.

Keywords: Tajikistan, glacier, lake, Vanjakh, monitoring, remote sensing of the Earth, satellites, Landsat, Sentinel-2.

Маълумот оид ба муаллифон. Сафаров Мустафо Сулаймонович, PhD, муҳандис оид ба ҳавопаймоҳои бесарнишини Маркази илмӣ-таҳқиқоти экология ва муҳити зисти Осиёи Марказӣ (Душанбе), Постдоранти Институти Шимолу шарқии экология, муҳити зист ва захираҳои Академияи илмҳои Хитой, Тел.: (+992) 90 410 0144, E-mail: mustafo-2010@mail.ru; Фазылов Али Рахматджанович, доктори илмҳои техникӣ, профессор, мудир лабораторияи «Иншоотҳои гидротехникӣ»-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, Тел.: (+992) 91 856 5070, E-mail: alifazilov53@gmail.com; Гулаёзов Мачид Шоназарович, номзоди илмҳои географӣ, директори иҷроияи Маркази илмӣ-таҳқиқоти экология ва муҳити зисти Осиёи Марказӣ (Душанбе), Тел.: (+992) 91 590 1113, E-mail: majid1983@mail.ru; Наврӯзшоев Х.Д., номзоди илмҳои техникӣ, Муассисаи давлатии илмӣ «Маркази омӯзиши пирахҳои АМИТ», Институти омӯзиши ҷомеаҳои кӯхистонии Донишгоҳи Осиёи Марказӣ, ш. Душанбе, Тоҷикистон; E-mail: hofiz.navruzshoev@gmail.com; Муродов Муродхуча Ҳукуматшоевич, ходими илмӣ Муассисаи давлатии илмӣ «Маркази омӯзиши пирахҳои АМИТ»; докторанти Ph.D-и Донишқадаи экология ва географияи Шинҷони Академияи илмҳои Хитой. E-mail: murodkhudzha1995@mail.ru.

Сведения об авторах. Сафаров Мустафо Сулаймонович, PhD, инженер по БПЛА Научно-исследовательского центра экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе), Постдокторант Северо-западного Института экосреды и ресурсов Китайской академии наук, Тел.: (+992) 90 410 0144, E-mail: mustafo-2010@mail.ru; Фазылов Али Рахматджанович, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией «Гидротехнические сооружения» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, Тел.: (+992) 91 856 5070, E-mail: alifazilov53@gmail.com; Гулаёзов Маджид Шоназарович, кандидат географических наук, исполнительный директор Научно-исследовательского центра экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе), Тел.: (+992) 91 590 1113, E-mail: majid1983@mail.ru; Наврӯзшоев Х.Д., кандидат технических наук, Государственное научное учреждения «Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана», Институт исследования горных сообществ Университета Центральной Азии, Душанбе, Таджикистан; E-mail: hofiz.navruzshoev@gmail.com; Муродов Муродхужа Ҳукуматшоевич, Научный сотрудник отдела мониторинга ледников, криосферы, гляциологии и ГИС-технологий Центра изучения ледников Национальной Академии наук Таджикистана; Докторант PhD Синьцзянского института экологии и географии Китайской академии наук, г Урумчи, КНР. E-mail: murodkhudzha1995@mail.ru.

Information about the author: Safarov Mustafo Sulaymonovich, PhD, UAV engineer of the Research Center for Ecology and Environment of Central Asia (Dushanbe), Postdoctoral fellow of Northwest Institute of Eco-Environment and Resources of the Chinese Academy of Sciences, Tel.: (+992) 90 410 0144, E-mail: mustafo-2010@mail.ru; Fazylov Ali Rakhmatdzhonovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Laboratory "Hydraulic Structures" of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences, Tel.: (+992) 91 856 5070, E-mail: alifazilov53@gmail.com, Gulayozov Majid Shonazarovich, Candidate of Geographical Sciences, Executive Director of the Research Center for Ecology and Environment of Central Asia (Dushanbe), Tel.: (+992) 91 590 1113, E-mail: majid1983@mail.ru; Navruzshoev Hofiz, Candidate of Technical Sciences, State Scientific Institution "Center for the Study of Glaciers of the National Academy of Sciences of Tajikistan", Mountain Societies Research Institute of the University of Central Asia, Dushanbe, Tajikistan; E-mail: hofiz.navruzshoev@gmail.com; Murodov Murodhudza, Scientific staff of the glacier, cryosphere, glaciological and GIS-technological monitoring department of the Glacier Research Center of the National Academy of Sciences of Tajikistan; PhD student, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi, China. E-mail: murodkhudzha1995@mail.ru.

СВЯЗЬ ОБЫЧНЫХ И ГЛЯЦИАЛЬНЫХ СЕЛЕЙ С ИЗМЕНЕНИЕМ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Каюмов А.К.^{1,*}, Шомахмадов А.М.¹, Сафаров М.Т.¹

¹Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников Национальной Академии наук Таджикистана»

*Автор-корреспондент. E-mail: abdkayumovcryos@gmail.com

Аннотация. В настоящей статье проводится качественное и количественное изучение связи стихийных бедствий с изменением основных метеорологических параметров. Установлено, что быстрое повышение температуры воздуха летом увеличивает вероятность быстрого таяния ледников и возникновения ледниковых селей, а её резкое падение может вызывать обычные сели, иногда может наблюдаться смешанное воздействие. Вызываемые наплывом влажного, тёплого и холодного воздуха в пределы страны циклоны с тёплыми и холодными фронтами, при пересечении горной местности, образуют конвективные дождевые облака, вызывающие сильные дожди в высокогорьях, сопровождающиеся крупными селевыми потоками, сходящими в долины. Установлено, что в это время, на метеорологических станциях, установленных в долинах, осадки либо не регистрируются, либо они незначительные, тогда как, в горной местности, регистрируются значительные осадки. Выявлено, что ход изменения температуры воздуха почти одинаков на всей территории страны, совместим с ледниковыми (гляциальными) и обычными селями, а его аномальное поведение может приниматься в качестве предвестника селевых потоков.

Ключевые слова: метеорологические параметры, температура воздуха, атмосферные осадки, коэффициент корреляции, разброс значений метеорологических параметров, стихийные бедствия и их ущерб, предвестник селей.

Введение

Ежегодно на территории Таджикистана происходит большое количество стихийных бедствий, наносящих значительный ущерб экономике страны, и являющихся причиной гибели мирных граждан.

По данным ВМО за последние 50 лет возникло более 11000 стихийных бедствий, связанных с погодой, климатом и водой, погибло 2 миллиона человек и нанесён ущерб в размере 3,6 триллиона долларов США, а в ближайшие 10-20 лет они станут более частыми явлениями [1].

За 1997-2018 гг. в Таджикистане зарегистрировано около 3460 стихийных бедствий, а за сели составляют - в среднем 70 случаев и 35 смертей в году [2].

За 2010-2021 гг. ущерб от стихийных бедствий составил 1,5 млрд. сомони, т.е. примерно 254 млн. долларов США [3].

На рис.1 приведён размер экономического ущерба от стихийных бедствий в 2021 году по регионам Республики Таджикистан [3]. Откуда видно, что наибольший ущерб наблюдается в Хатлонской (74%) и Согдийской (19,3%) областях.

Как видно, ущерб от селевых потоков очень велик, и для его уменьшения необходимо принять меры по своевременному прогнозированию погодных условий в период пика этих процессов и снижению риска возможных стихийных бедствий.

С другой стороны, изменение погодных условий и следовательно возникновение селей тесным образом связаны с изменением основных метеорологических параметров (температуры, фиксированных осадков), но до настоящего времени анализ такой связи, не проводился.

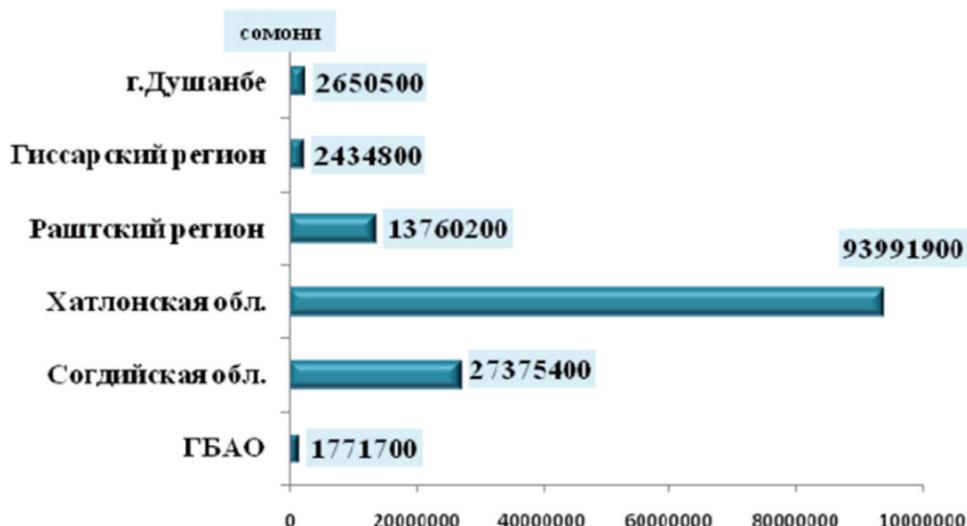


Рисунок 1. Размер экономического ущерба от стихийных бедствий в 2021 году по регионам Республики Таджикистан [3].

Именно поэтому целью исследования было качественное и количественное изучение взаимосвязи селевых потоков с изменением основных метеорологических параметров.

Использованные материалы и методы анализа данных

Для достижения поставленных целей были использованы метеорологические материалы (бюллетени) Агентства по гидрометеорологии на периоды происшедших селей [4], а для получения необходимой информации по стихийным бедствиям и их ущербу, обзоры чрезвычайных ситуаций за 2018 – 2021 гг. [5-7], подготовленные Комитетом по чрезвычайным ситуациям.

Для анализа также были использованы данные о стихийных бедствиях, происшедших в 2021 году, запрошенные в Комитете по чрезвычайным ситуациям [8].

Для комплексного анализа данных, были также использованы результаты, проведенных летом и осенью 2021 года Государственным научным учреждением “Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана” экспедиционных работ [9], а также информация о стихийных бедствиях, опубликованная

в отдельных средствах массовой информации.

Кроме того была использована информация, приведенная в других источниках, посвященных проблемам изменения климата [3,6,10-14].

Обзор погодных условий и стихийных бедствий в 2021 году

Согласно данным Комитета по чрезвычайным ситуациям [8], крупномасштабными и наиболее разрушительными были сели, происшедшие 6, 11 и 13 мая. Подобные селевые потоки наблюдались также 14, 19 и 28 июля и 5 августа 2021 гг. Поэтому именно эти события и были выбраны в качестве предмета исследования.

Поскольку происшедшие в мае месяце селевые потоки охватили почти все регионы страны, для анализа данных по ним, использовались данные 26 метеорологических станций, расположенных в разных регионах страны, а по всем остальным событиям 3-4 станции, расположенные ближе к зоне прохождения селей, или станции, подходящие по благоприятствующим формированию селевых потоков погодным условиям. Результаты анализа связи метеопараметров с селевыми потоками приведены в табл. 1.

Таблица 1. Связь метеорологических параметров и их точность на метеорологических станциях Республики Таджикистан на май месяц 2021 года.

Название станции	$r(t1,t2)$	$r(t1,n1)$	$r(t1,n2)$	$r(t2,n1)$	$r(t2,n2)$	$r(n1,n2)$	$t1cp.б$	$t2cp.б$	$n1cp.б$	$n2cp.б$
Муинабад	0.74	-0.69	-0.83	0.81	-0.58	0.99	25,24,3	12,32,05	7,610,4	11,117,1
Ховалинг	0.65	-0.51	0.29	0.34	-0.29	0.99	24,4,6	13,22,2	4,05,1	12,016,3
Яван	0.72	0.11	-0.99	-0.20	-0.95	-	30,73,5	18,96,9	2,89,5	10,79,9
Бустонобод	0.54	0.93	0.66	-0.52	-0.49	-	18,33,2	10,44,7	6,55,3	10,26,3
Шахристон	0.61	-0.37	-0.19	-0.21	0.19	0.80	9,02,2	3,23,6	2,83,9	0,93,9
Истаравшан	0.81	-0.45	0.94	-0.53	0.97	-0.52	27,73,4	15,12,6	2,76,0	0,20,2
Хушёрӣ	0.29	-0.31	0.99	0.46	0.99	-	24,43,5	11,71,6	3,14,1	8,56,4
Тавилдара	0.64	0.07	0.55	0.29	-0.20	0.99	23,72,8	8,61,8	1,52,0	6,07,5
Дарваз	0.56	0.25	0.39	0.22	-0.28	-0.27	27,23,0	13,31,5	0,50,8	2,55,1
Пенджикент	0.56	-0.64	0.50	-0.86	0.50	-0.50	28,84,6	15,52,5	3,96,1	0,71,1
Айвадж	0.64	-	-	-	-	-	34,03,4	20,52,3	50	16,012,7
Эсанбай	0.74	0.1	-0.99	-0.11	-0.99	-	32,94,8	17,52,0	3,95,1	9,07,1
Фархор	0.81	0.74	-0.24	-0.78	-0.87	-0.99	32,64,2	18,62,6	3,78,0	5,28,5
Хамадони	0.41	0.20	-0.33	0.67	0.76	-	32,73,4	14,42,4	7,77,4	3,74,6
Санглох	0.82	-0.73	0.80	-0.75	0.50	-	17,13,1	10,52,3	6,75,6	3,34,0
Ганджина	0.60	-0.11	0.99	-0.19	0.98	-	30,53,9	16,91,6	2,24,8	1,50,7
Гиссар	0.43	0.25	0.44	0.99	0.99	-	29,94,0	15,22,1	8,67,8	2,43,2
Душанбе	0.78	0.23	0.00	0.76	-0.52	-0.81	29,93,5	15,22,0	2,92,7	5,97,0
Дангара	0.66	-0.54	-0.12	-0.55	-0.10	0.99	31,64,8	16,92,1	2,02,0	5,43,9
Куляб	0.82	-0.87	-0.91	0.76	-0.28	-	31,24,2	15,25,5	5,35,8	2,72,9
Пянджи Поён	0.61	0.10	-0.39	-0.35	-0.70	-	35,03,3	19,32,1	0,50,9	2,96,2
Пяндж	0.37	0.96	-0.50	-0.85	-0.07	-	33,43,6	16,71,4	1,21,5	7,79,8
Дарбанд	0.59	-0.69	-0.82	0.30	-0.58	-	23,43,4	12,21,7	2,02,5	0,30,5
Гулшан, Ашт	0.35	-	-	-	-	-	32,12,3	17,12,4	-	-
Рашт	0.33	-0.44	0.15	-	0.15	-	25,92,6	11,42,2	1,32,5	0,50,8
Бустон, Мастчо	0.64	-0.67	-	-0.94	-	-	31,83,8	17,94,6	2,71,2	5,03,8

r -коэффициент корреляции (связь) между метеорологическими параметрами, t_1 -дневная температура воздуха, ($^{\circ}\text{C}$), t_2 -ночная температура воздуха, ($^{\circ}\text{C}$), n_1 -дневные осадки (мм), n_2 -ночные осадки (мм), $t_{1cp.}$ -среднемесячная дневная температура, ($^{\circ}\text{C}$), $t_{2cp.}$ -среднемесячная ночная температура, ($^{\circ}\text{C}$), $n_{1cp.}$ -среднемесячные дневные осадки, (мм), $n_{2cp.}$ -среднемесячные ночные осадки, (мм), σ -разброс относительно среднего значения

На рис. 2 и 3 приведены данные анализа по станции Тавильдара. Данные по другим выбранным станциям не приводятся поскольку они идентичны по ходу изменения метеорологических параметров.

Чтобы объяснить это, следует принять во внимание, что 5-7 мая и 10-14 мая, в долинах наблюдалось небольшое количество осадков (иногда, даже не было осадков), а в горных регионах наблюдались сильные осадки, сопровождающиеся селевыми потоками.

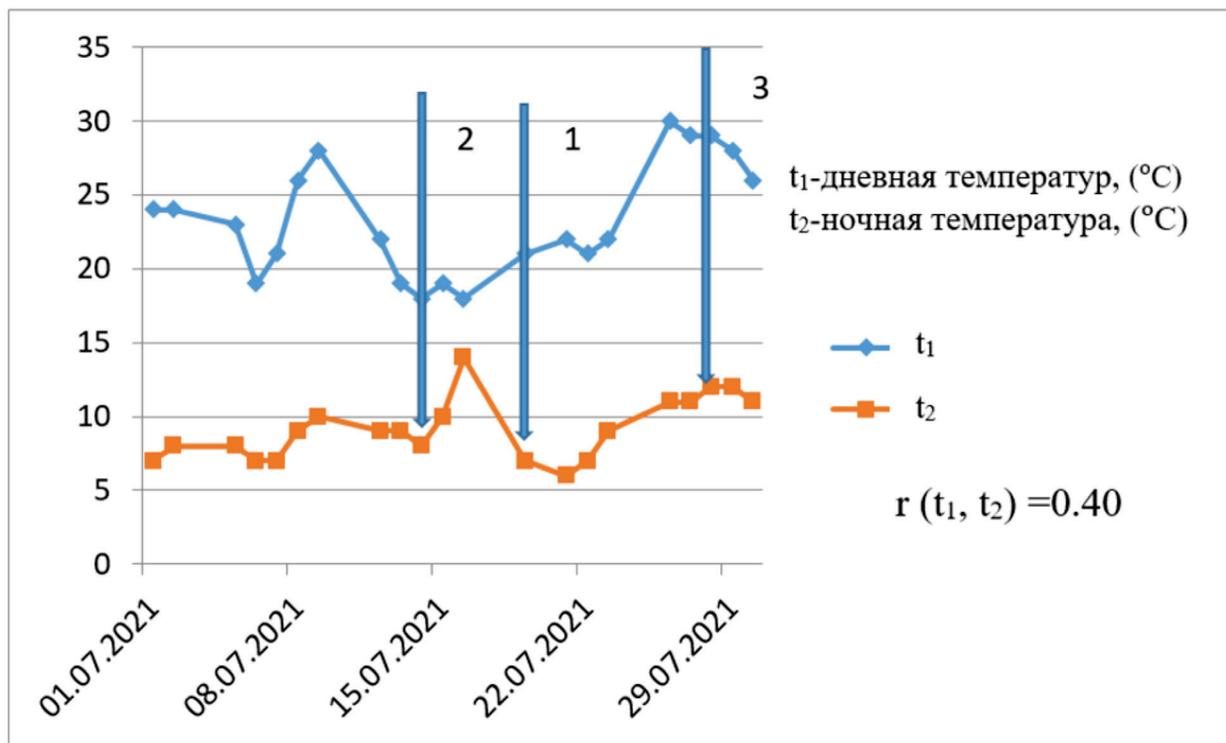


Рисунок 4. Данные температуры воздуха на июль месяц 2021 года (станция Дехавз). На рисунке стрелками приведены другие сели, прошедшие в июле месяце: 1-19 июля, 2-14 июля и 3-28 июля.

Такие же явления наблюдались и во время прохождения селевых потоков 19 июля и 5 августа 2021 года в джамоатах Ёри и Амондара города Пенджикент. Тогда на станции Пенджикент, находящейся недалеко от места селевых потоков, осадки не регистрировались, тогда как, в высокогорьях наблюдались сильные осадки [8]. Поэтому для анализа были использованы данные станции Дехавз (рисунки 4 и 5).

На станции Дехавз наблюдаемые в этот день осадки составляли 7 мм. Хотя количество осадков на этой станции незначительно, все-таки оно подчёркивает, что на станциях, находящихся далеко от места события, но установленных в высокогорье (Шахристон, Дехавз), они наблюдаются.

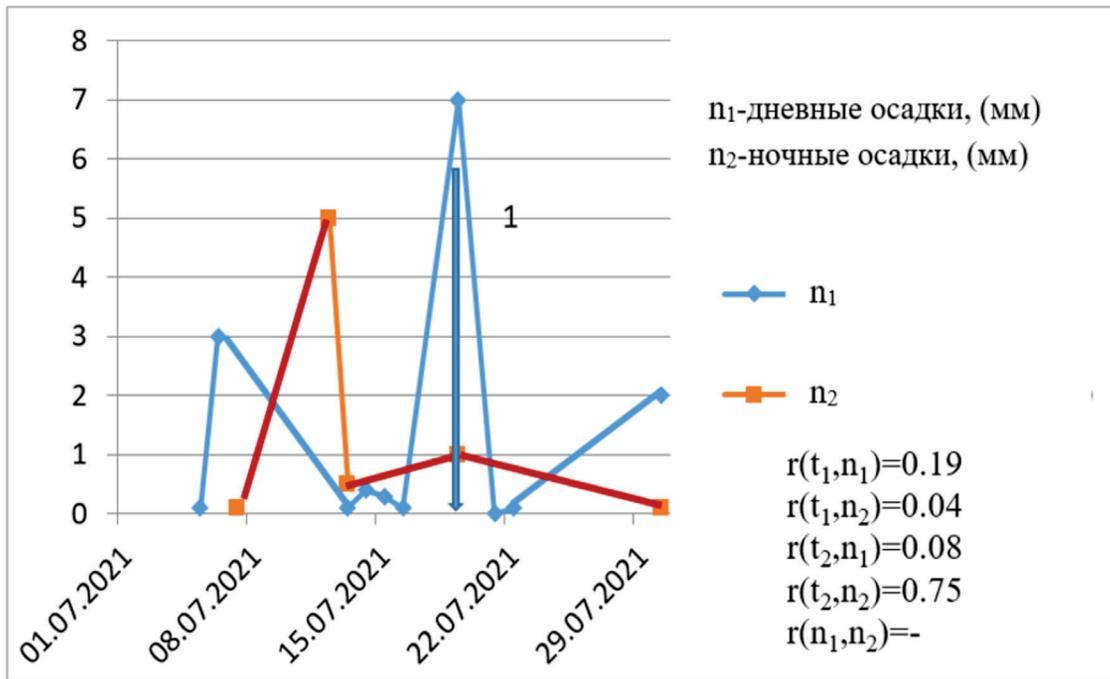


Рисунок 5. Данные об осадках на июль месяц 2021 года (станция Дехавз). На этом рисунке стрелкой обозначен селевой поток 19 июля 2021 года.

По этим же причинам для анализа по селевому потоку 5 августа были использованы данные на станции Шахристан за август 2021 года.



Рисунок 6. Разрушение участка автодороги Вахдат-Лакш вследствие гляциального селя 14 июля 2021 года [9].

в виде селевого потока выплеснулось и стекло вниз [8].

На рисунках 8-9 приведены графики изменения температуры воздуха и коли-

чества осадков на ближайшей к событию станции Ляхш.

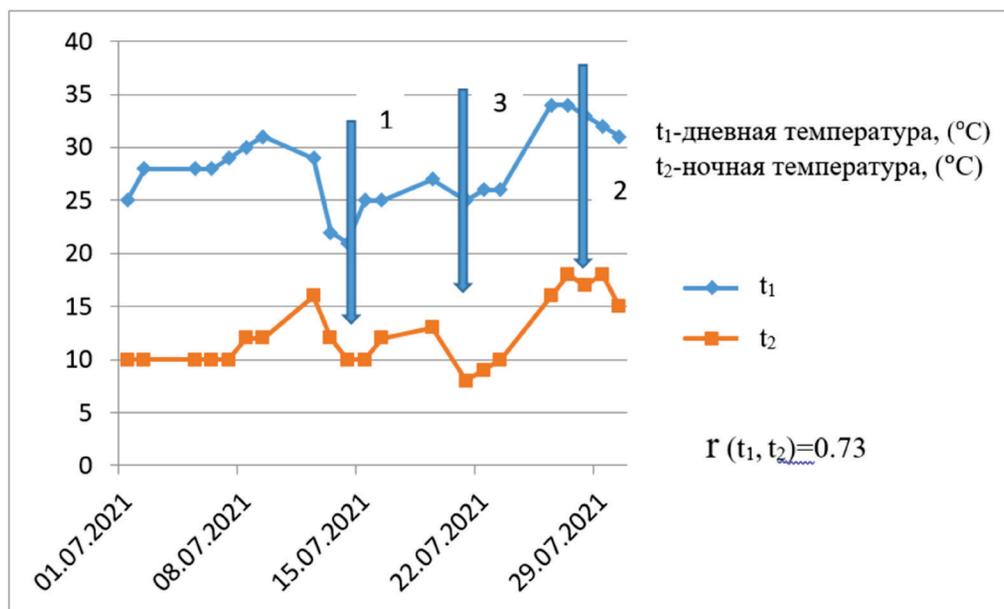


Рисунок 8. Данные температуры воздуха за июль 2021 года для станции Ляхш. На рисунке стрелками приведены сели, прошедшие: 1-14 июля, 2-28 июля и 3-19 июля 2021 года.

Можно убедиться, что связь температуры воздуха (дневная температура) и количества осадков достаточно тесная [$r(t_1, t_2) = 0,73$, $r(t_1, n_1) = -0,95$, $r(t_1, n_2) = -0,95$, табл. 1].

Между ночной температурой и осадками (дневными и ночными), а также между ночными и дневными осадками существует очень слабая связь [$r(t_2, n_1) = 0,48$, $r(t_2, n_2) = 0,31$, $r(n_1, n_2) = 0,31$] (рис. 9).

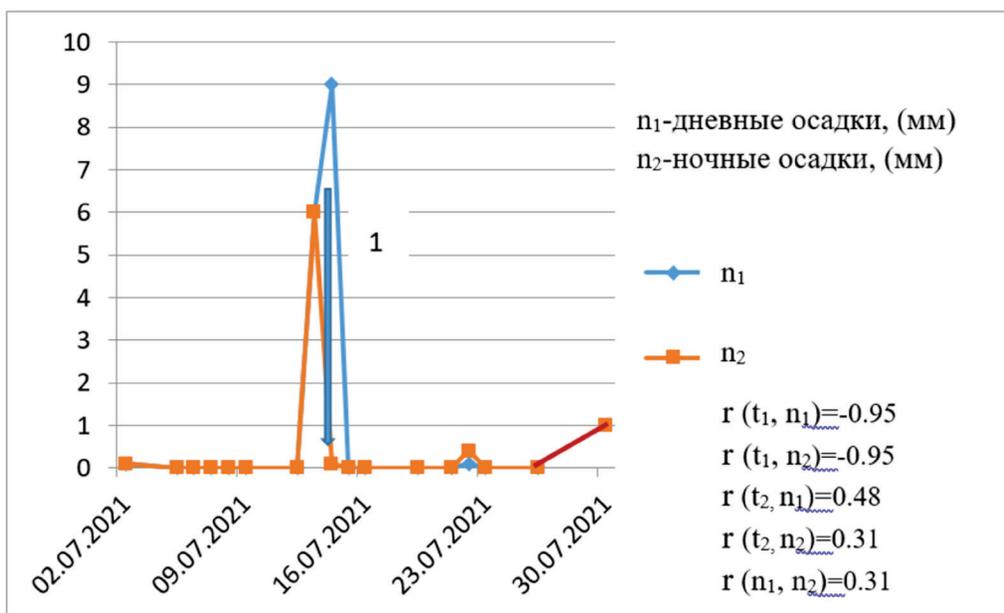


Рисунок 9. Данные об осадках за июль 2021 года для станции Ляхш. На рисунке стрелкой приведён сели, прошедший 14 июля 2021 года.

На рис. 4 помимо тесной взаимосвязи между дневной и ночной температурами на станции Дехавз и селевым потоком 19 июля в Пенджикентском районе, наблюдается также связь между изменением температуры и селевыми потоками 14 и 28 июля в Ляхшском районе (Рис. 8), хотя выбранная станция Дехавз расположена очень далеко от места их прохождения. Из этого можно сделать вывод, что ход изменения температур перед прохождением селевых потоков, происходит практически одинаково по всей территории страны.

На основании анализа данных по прошедшим в мае месяце селевым потокам было выявлено, что при расчёте коэффициента корреляции между температурой воздуха и осадками, а также между днев-

ными и ночными осадками, во многих случаях, связь этих величин оказывается слабой (или слишком тесной). По всей вероятности, причиной является очень малый объём данных по осадкам, несовпадение дней и ночей с осадками и большой разброс их значений (б) относительно среднего (табл. 1).

Анализ данных по изменению температуры воздуха до наступления крупномасштабных обычных и ледниковых (гляциальных) селей показал, что практически на всех метеостанциях ход этих изменений одинаков и имеет вид, приведённый на рис. 10. Поэтому такой ход изменения температуры воздуха можно принять в качестве предвестника селевых потоков (обычных или ледниковых).

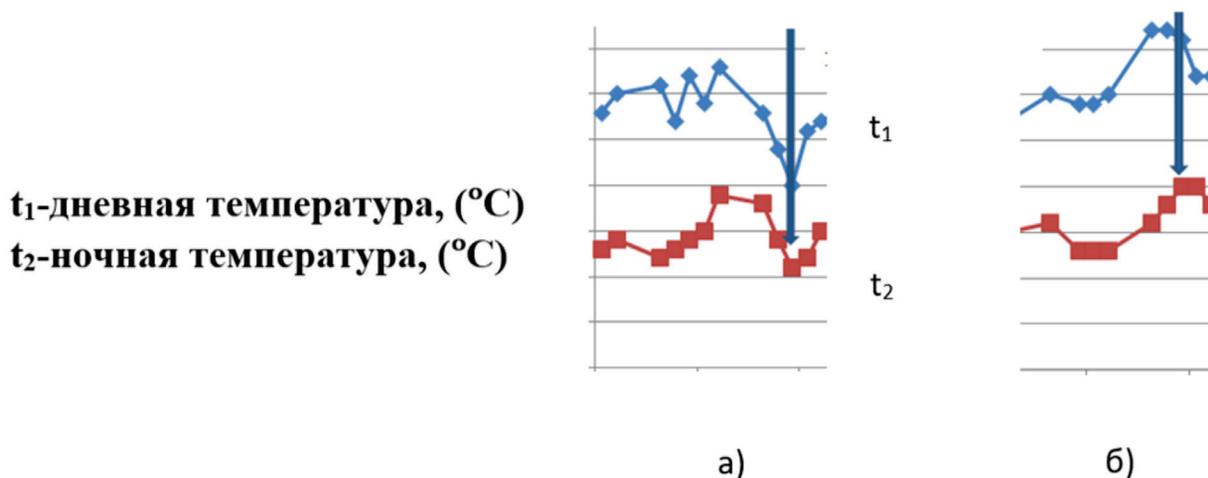


Рисунок 10. Ход изменения температуры воздуха до возникновения обычных а) и ледниковых б) селей.

По оси ординат приводятся значения температуры воздуха, а по оси абсцисс, дни в месяце.

Предложения и рекомендации

По результатам исследования предлагаются следующие рекомендации и предложения:

1. Налаживание тесного сотрудничества между соответствующими министерствами и ведомствами Республики Таджикистан в области обмена информацией.

2. Установка автоматических метеорологических станций в основных горных местностях (высоты выше 3000-3500 м над уровнем моря), с территории которых, из-за неустойчивых погодных условий, часто сходят крупные селевые потоки (например, Пенджикент, Ашт, Ляхш и др.).

3. Установка автоматического гидрологического оборудования на самых прорывоопасных ледниковых озерах, нахо-

дящихся на активных ледниках (высоты выше 3000-3500 м), с целью отслеживания изменений их состояния и прогнозирования возможных чрезвычайных ситуаций.

Выводы

Из-за наплыва влажного, тёплого и холодного воздуха в пределы страны, в определенные дни и их смешивания устанавливается неустойчивая погода, вызывающая циклоны с теплыми и холодными фронтами и при пересечении горной местности, образуются конвективные дождевые облака.

Конвективные облака очень мощные и вызывают сильные дожди в высокогорьях, сопровождающиеся крупными селями, сходящими в долины, хотя в долинах могут наблюдаться небольшие дожди или полное их отсутствие.

Одновременно, в высокогорье, могут регистрироваться значительные осадки, а на станциях, находящихся в долинах - незначительные (или, даже они могут не регистрироваться).

Наблюдение за ходом изменения температуры показало, что резкое повышение температуры летом увеличивает вероятность быстрого таяния ледников и возникновения ледниковых селей, а её резкое падение может вызывать обычные сели. Иногда может наблюдаться смешанное воздействие.

Ход этого изменения одинаков практически на всех метеостанциях страны и поэтому его аномальное поведение может быть принято в качестве предвестника селевых потоков.

Из-за малого объёма данных по количеству осадков, несовпадения дней и ночей с осадками и большого их разброса, изменение этого параметра не рекомендуется использовать в целях прогнозирования селевых потоков.

Предложенный метод предсказания селевых потоков, ни в коем случае не заменяет традиционный метод, которым пользуется Агентство по гидрометеоро-

логии, но использование данного метода позволяет непрерывно наблюдать за изменением выбранного метеопараметра и своевременно проследить его аномальное поведение перед возможными селевыми потоками.

Литература

1. Второе Национальное Сообщение Республики Таджикистан по Рамочной Конвенции ООН об Изменении Климата. Ответственные редакторы Б. Махмадалиев, А. Каюмов, В. Новиков и И. Раджабов. Душанбе, 2008, 79 с.
2. Национальная стратегия Республики Таджикистан по снижению риска стихийных бедствий на 2019-2030 годы. Душанбе, 2018.
3. Обзор чрезвычайных ситуаций на 2021 год. Комитет по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне при Правительстве Республики Таджикистан. Душанбе, июль 2020 г.
4. Метеорологические бюллетени Агентства по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан на май-август месяцы 2021 года. Душанбе, 2021 г.
5. Обзор чрезвычайных ситуаций на 2018 год. Комитет по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне при Правительстве Республики Таджикистан. Душанбе, июль 2020 г.
6. Обзор чрезвычайных ситуаций на 2019 год. Комитет по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне при Правительстве Республики Таджикистан. Душанбе, июль 2020 г.
7. Обзор чрезвычайных ситуаций на 2020 год. Комитет по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне при Правительстве Республики Таджикистан. Душанбе, июль 2021 г.
8. Официальная информация, по стихийным бедствиям, происшедшим в период май-август 2021 года, полученная из Комитета по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне при Правительстве Республики Таджикистан.
9. Отчёты Центра по изучению ледников Национальной Академии Наук Таджикистана, июнь-сентябрь 2021 г.
10. Первое Национальное Сообщение Республики Таджикистан по Рамочной Конвенции ООН об Изменении Климата. Ответственные редакторы Б. Махмадалиев и В. Новиков. Душанбе, 2002 г.
11. Сафаров М.Т., Каюмов А.К. Влияние неблагоприятных, опасных и стихийных гидрометеорологических явлений на отрасли экономики в условиях изменения климата. Душанбе, 2013 г.

12. Третье Национальное Сообщение Республики Таджикистан по Рамочной Конвенции ООН об Изменении Климата. Под редакцией: А. Каюмова, профессора, член-корреспондента Инженерной академии и В. Новикова. Душанбе, 2014 г.
13. Доклад Всемирной Метеорологической Организации (ВМО) о состоянии климатического обслуживания в 2020 году: от заблаговременных предупреждений к заблаговременным действиям, Женева, 13 октября 2020 года.
14. Национальный план действий Республики Таджикистан по смягчению последствий изменения климата. Душанбе, 2003 г.

МУНОСИБАТИ БАЙНИ СЕЛҲҲОИ МУҚАРРАРӢ ВА ПИРЯҲҲО БО ТАҒЙИРОТИ БУЗУРГИҲОИ МЕТЕОРОЛОҒӢ

Каюмов А.К.^{1,*}, Шомахмадов А.М.¹, Сафаров М.Т.¹

¹Муассисаи давлатии илмии «Маркази омӯзиши пиряхҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон»

*Муаллифи масъул. E-mail: abdkayumovcryos@gmail.com

Шарҳи мухтасар. Дар ин мақола омӯзиши сифатӣ ва миқдории робитаи байни офатҳои табиӣ ва тағйирёбии бузургиҳои асосии метеорологӣ гузаронида шуда, муқаррар карда шудааст, ки босуръат баланд шудани ҳарорати ҳаво дар фасли тобистон эҳтимоли обшави босуръати пиряхҳо ва ба амал омадани селҳои пиряхиро карда, яқбора наст шудани он боиси селҳои муқаррарӣ мегардад, баъзан таъсири омехта низ мушоҳида мешавад. Дар натиҷаи ворид шудани ҳавои намнок, гарм ва хунук ба кишвар, циклонҳо бо фронтҳои гарм ва хунук ташиқ ёфта, ҳангоми гузаштан аз минтақаи кӯҳӣ абрҳои конвективи боронӣ ба вуҷуд меоянд ва дар баландкӯҳҳо борони шадид борида ба водиҳо селҳои калон мефароянд. Муқаррар гардидааст, ки дар ин вақт дар водиҳо миқдори ками боришот ба қайд гирифта шуда, дар минтақаҳои кӯҳӣ боришоти зиёд ба амал меояд. Муайян карда шудааст, ки рафти тағйирёбии ҳарорати ҳаво қариб дар тамоми ҷумҳурӣ бо селҳои пиряхӣ ва муқаррарӣ мувофиқ буда, тағйирёбии гайримаъмулии онро ҳамчун нишонаи ба амал омадани сел қабул кардан мумкин аст.

Калидвожаҳо: бузургиҳои метеорологӣ, ҳарорати ҳаво, боришот, коэффисиенти коррелятсия, офатҳои табиӣ ва зарари онҳо, нишонаи ба амал омадани сел.

THE RELATIONSHIP BETWEEN ORDINARY AND GLACIAL MUDFLOWS AND CHANGES IN METEOROLOGICAL PARAMETERS

Kayumov A.K.^{1,*}, Shomahmadov A.M.¹, Safarov M.T.¹

¹State Scientific Institution «Center for Research of Glaciers of the National Academy of Sciences of Tajikistan»

*Corresponding author. E-mail: abdkayumovcryos@gmail.com

Abstract. This article provides a qualitative and quantitative study of the relationship between natural disasters and changes in key meteorological parameters. It has been established that a rapid increase in air temperature in summer increases the likelihood of rapid glacier melting and glacial mudflows, while a sharp drop can cause ordinary mudflows; sometimes a mixed effect can be observed. Cyclones with warm and cold fronts, caused by the influx of humid, warm and cold air into the country, form convective rain clouds when crossing mountainous areas, causing heavy rains in the highlands, accompanied by large mudflows converging in the valleys. It has been established that at this time, in the valleys, precipitation is either not recorded or is insignificant, while in mountainous areas, significant precipitation is recorded. It was revealed that the course of air temperature change almost throughout the country is compatible with glacial and ordinary mudflows and its abnormal behavior can be taken as a precursor of mudflows.

Keywords: meteorological parameters, air temperature, precipitation, correlation coefficient, natural disasters and their damage, mudflow precursor.

Маълумот оид ба муаллифон. Каюмов А.К. - академики Академияи байналхалкии илмҳои экология ва ҳаёти беҳавф, профессор, сарҳодими илмии Маркази омӯзиши пиряхҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел.: (+992) 93 999 9272, E-mail: abdkayumovcryos@gmail.com. Шомахмадов А.М. - ходими

пешбари илмии Маркази омӯзиши пирахҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, номзади илмҳои физикаю математика. Тел.: 988 07 01 65, E-mail: ali.shoh1951@gmail.com. Сафаров М.Т. - мудири шуъбаи обуҳавошиносӣ, ҳифзи пирахҳо, тағирёбии иқлим ва мутобиқшавии Маркази омӯзиши пирахҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел.: (+992) 98 901 29 29, E-mail: mahmadsafarov1963@gmail.com.

Сведения об авторах. Каюмов А.К. - д.и.н., академик Международной академии наук экологии и безопасной жизнедеятельности, профессор, главный научный сотрудник Центра изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана. Тел.: (+992) 93 999 9272. E-mail: abdkayumovcryos@gmail.com. Шомахмадов А.М. - кандидат физико - математических наук, ведущий научный сотрудник Центра изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана. Тел.: (+992) 98 807 0165. E-mail: ali.shoh1951@gmail.com. Сафаров М.Т. - заведующий отделом гидрометеорологии, защиты ледников, изменения климата и адаптации Центра изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана. Тел.: (+992) 98 901 2929, E-mail: mahmadsafarov1963@gmail.com.

Information about the authors. Kayumov A.K. - Academician of the International Academy of Ecology and Life Safety Sciences, Professor, Chief Researcher of the State Scientific Institution «Center for Research of Glaciers of the National Academy of Sciences of the Tajikistan», Tel.: (+992) 93 999 9272; E-mail: abdkayumovcryos@gmail.com, A.M. Shomakhmadov - Leading Researcher of the State Scientific Institution «Center for Research of Glaciers of the National Academy of Sciences of the Tajikistan», Candidate of Physical and Mathematical Sciences. Tel.: (+992) 98 807 0165; E-mail: ali.shoh1951@gmail.com. Safarov M.T. - Head of the Department of Hydrometeorology, Glacier Protection, Climate Change and Adaptation of the Glacier Research Center of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Tel.: (+992) 98 901 2929; E-mail: mahmadsafarov1963@gmail.com.

УДК 551.324.63

ВКЛАД ЛЕДНИКОВ БАССЕЙНА РЕКИ ЗЕРАВШАН В ФОРМИРОВАНИЕ ВОДНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ЗЕРАВШАНСКОЙ ДОЛИНЫ

Шомахмадов А.М.^{1*}, Каюмов А.К.¹, Бокизода А.Б.¹

¹Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников Национальной Академии наук Таджикистана»

*Автор-корреспондент. E-mail: ali.shoh1951@gmail.com

Аннотация. Проведён обзор исследований и информации о состоянии и дальнейшей эволюции ледников в бассейне реки Зеравшан. Выяснено, что из-за негативного последствия изменения климата в ближайшие 30-40 лет площадь ледников бассейна может уменьшиться на 20-30 %; глобальное потепление будет продолжаться еще 100-200 лет и ледники полностью уйдут под моренный чехол и будут отдавать воду, хотя и меньшими темпами; по причине расположения ниже фирновой линии большинство ледников бассейна сокращаются быстрее, чем на Памире и в других регионах Таджикистана; богатые водные ресурсы и наличие огромных площадей ледников бассейна обеспечивают потенциальную возможность для строительства гидроэлектростанций как на самой реке Зеравшан, так и на её крупных притоках.

Ключевые слова: оледенение, глобальное потепление, запасы льда, водосборная площадь, расход воды, деградация ледников, водно-энергетические ресурсы, гидроэнергетический потенциал.

Введение

Общая площадь современных ледников составляет около 16,3 млн. км². Ледники занимают около 11% площади суши, а их общий объём достигает 30 млн. км³. Ледники могут существовать только в приполярных или высокогорных районах [1-3].

Площадь оледенения гор Центрально-Азиатских республик составляет око-

ло 17 тыс. км², из которых около 65% находится в Таджикистане.

Пока страны Центральной Азии могут рассчитывать на запасы пресной воды, сосредоточенные в ледниках Памира и Тянь-Шаня, и при сохранении сложившейся тенденции, к концу XXI века, они могут полностью исчезнуть.

С другой стороны, согласно исследованиям Лаборатории гляциологии,

Тянь-Шанского высокогорного научного центра Национальной академии наук Кыргызской Республики выявлено, что глобальное потепление будет продолжаться еще 100-200 лет, и ледники Центральной Азии не исчезнут полностью, а уйдут под моренный чехол и будут отдавать воду, хотя и меньшими темпами [4].

Ситуация с обильным таянием ледников по всему миру, в том числе и в Таджикистане, вызывает опасение.

Бассейн реки Зеравшан является одним из основных регионов сосредоточения ледников Таджикистана. В связи с этим

нашей основной целью было проведение обзора исследований и информации о состоянии и дальнейшей эволюции ледников в этом бассейне, имеющего большое научно-практическое значение.

Краткая информация о состоянии ледников бассейна реки Зеравшан

Общий запас льда в бассейне реки Зеравшан составляет 36,9 км³. Из этого объема 88,6% сосредоточено в ледниках бассейна реки Масчо, где расположены все крупнейшие ледники региона. В таблице 1 приведён список наиболее крупных ледников бассейна реки Зеравшан.

Таблица 1. Наиболее крупные ледники бассейна реки Зеравшан [8].

Ледники	Бассейн реки	Площадь, км ²	Длина, км	Объем льда, км ³
Зеравшан	Масчо	132,6	27,8	14,94
Преображенский	Рама	54,0	12,8	9,02
Россинч	Россинч	17,8	-	2,03
Шахи Сафед	Шахи Сафед	11,1	9,2	1,43
Парах	Масчо	9,4	6,8	0,75
Суфитахир	Водиф	5,8	5,0	0,38
Рог	Рог	5,2	7,1	0,32

Всего в бассейне реки Зеравшан насчитывается 1272 ледника общей площадью 708,5 км², причём 892 из них имеют размеры 0,1 км² и более и занимают площадь 686,7 км² [5]. По данным разных источников суммарный объём всех ледников бассейна реки Зеравшан колеблется от 27 до 36 км³ [3-5].

По своему местонахождению ледники бассейна реки Зеравшан расположены в бассейнах рек Масчо, Фондаря Ягноб, Киштут и Могиён [6].

Были рассмотрены наиболее изученные ледники бассейнов рек Масчо и Фон-Ягноб, т.е. верховья реки Зеравшан.

По данным Щетинникова [6-7], в бассейне реки Масчо насчитывается 587 ледников, занимающих площадь 179,2 км². Количество ледников в Фон-Ягнобской котловине – 460, с площадью 133,3 км² [8].

Ледники бассейна реки Масчо (рис. 1 и 2) расположены в истоках одного из ледниковых зон Гиссаро-Алая. Это ледники Рама, Туро, Дихаданг и Парах, имеющие длину от 2 до 8,9 км и площади от 2 до 22,3 км². Эти ледники находятся в состоянии сокращения, и за период с 1870 по 1991 год их языки сократились от 13 до 356 м [8].

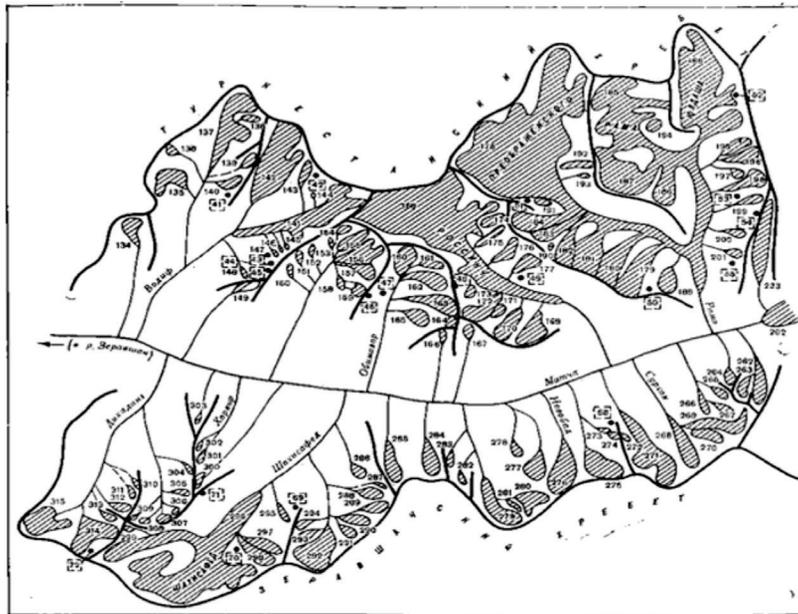


Рисунок 1. Расположение ледников на правом и левом притоках реки Масчо выше дельты реки Туро [8].

Наиболее крупным ледником бассейна реки Масчо является ледник Зеравшан (рис.2), состоящий из 21 ледника общей

площадью - 132,6 км² и объёмом льда - 14,9 км³ [8]).

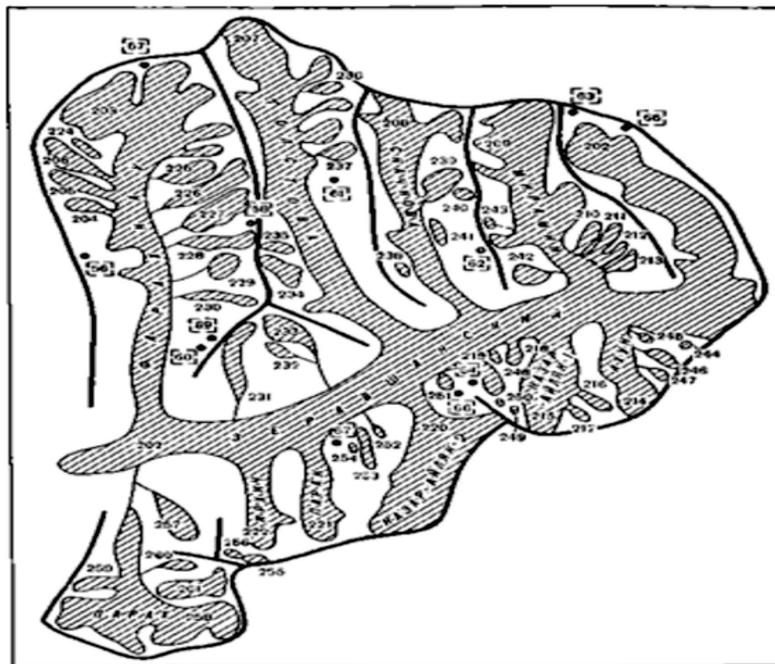


Рисунок 2. Расположение ледника Зеравшан в бассейне реки Масчо [8].

Язык ледника расположен на высоте 2810 м над уровнем моря, находится в состоянии деградации и за 1880-1980 годы сократился на 2 км, а его средняя и правая

часть – на 1,0-1,5 км. В настоящее время поверхность ледника ежегодно снижается на 60 см в год и движется в сторону склона со скоростью до 0,25 м в сутки [8].

Площадь оледенения реки Фандарья в 6 раз меньше площади оледенения бассейна реки Масчо, а питание её ледников

примерно в 8 раз меньше, чем питание этой реки [3].

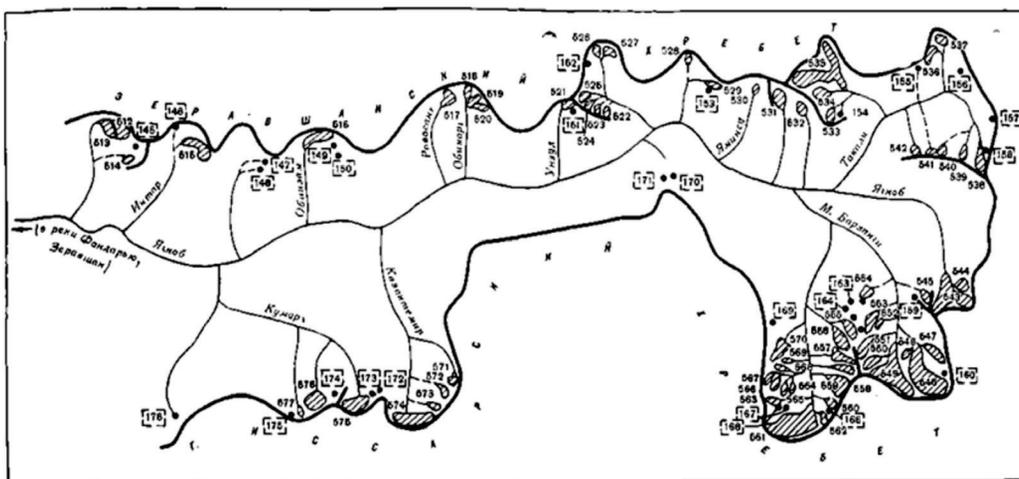


Рисунок 3. Расположение ледников в бассейне р. Ягноб [8].

По некоторым источникам [8-9] в бассейне реки Ягноб (рис. 3), являющегося основным притоком Фандарьи, площадь ледников составляет 70,8 км².

Таким образом, горные ледники Зеравшана, как и большинство ледников Таджикистана и Средней Азии, в настоящее время переживают бурный период деградации [9] и деградируют они быстрее, чем ледники Памира и других регионов Таджикистана, что связано с низким их расположением относительно фирновой линии и характерным для всех регионов влиянием глобального потепления [5,9].

Реки, как основные источники водных ресурсов Зеравшанской долины

Водные ресурсы бассейна реки Зеравшан, берущие начало с ледников, имеют важнейшее значение для сельского хозяйства, гидроэнергетики и связанными с ними отраслями экономики Зеравшанской долины.

Длина реки Зеравшан, вместе с притоками, составляет - 877 км, а площадь водосбора - 12,3 тыс. км² и на изучаемой территории, в основном, состоит из бассейнов рек Масчо и Фандарья.

Река Масчо вытянута в широтном направлении, берёт начало от Зеравшанско-

го ледника на высоте 2775 м и, протекая по узкой и глубокой долине расстояние 200 км, соединяясь с рекой Фандарья, образует реку Зеравшан [10-12].

Водосборная площадь реки составляет 4650 км² [8]. Среднегодовой расход воды на нижнем участке реки Матча колеблется в пределах 58-108 м³/с. Река многоводна на протяжении июль-августа, когда расход воды возрастает до 479 м³/с и маловодна в апреле, когда снижается до 11 м³/с [8].

Площадь водосбора реки Ягноб составляет 1650 км² и по некоторым оценкам 29% своего питания получает из подземных вод, 58% - за счёт таяния снежников и 13% - за счёт таяния ледников [10-11].

Фандарё является левым притоком реки Зеравшан, имеет длину 24,5 км и площадь водосбора - 3230 км². Среднегогоду сток реки Фандарья при впадении в реку Масчо составляет 62,2 м³/с, а в отдельные годы достигает 85,4 м³/с [10-11].

По прогнозам в ближайшие десятилетия площадь оледенения бассейна реки Зеравшан может сократиться на 20-30%, что, в свою очередь, существенно изменит водный режим этой реки [13-14].

Гидроэнергетические ресурсы реки Зеравшан

Водно-энергетические ресурсы бассейна реки Зеравшан важны не только для Таджикистана, но и для нижерасположенной Республики Узбекистан.

Проведённые ранее исследования показали, что гидроэнергетический потенциал реки Зеравшан оценивается в 33,9 млрд.кВт. часов электроэнергии, при этом технически возможные и экономически целесообразные гидроэнер-горесурсы для строительства ГЭС составляют 10,6 млрд.кВт.часов [15,16].

В последние годы в 20 населённых пунктах Горно-Мастчинского и Айнинского района, на малых притоках реки Зеравшан построены и введены в эксплуатацию малые гидроэлектростанции. Одна из таких гидроэлектростанций построена в местечке Талоки Марзич (недалеко от села Анзоб) [3].

По имеющимся оценкам [16] в бассейне реки Зеравшан существует 13 створов, выгодных для строительства ГЭС с водохранилищами, из которых 10 находятся в изучаемом регионе (табл. 2).

Таблица 2. Планируемые в бассейне реки Зеравшан гидроэлектростанции [16].

ГЭС	Объем водохранилища, км ³	Устанавливаемая мощность, МВт	Выработка электроэнергии, млрд. кВт.часов/год
Река Масчо			
Масчо	1,0	90	0,55
Риамут	0,55	75	0,46
Оббурдон	0,72	120	0,35
Дарг	0,05	130	0,75
Сангистон	0,05	140	0,9
Похут	0,05	140	0,9
Фондарья			
Фондарья	—	300	1,8
Река Зеравшан			
Айни	0,05	160	0,95
Яван	0,05	120	0,18
Дупули	26	200	1,0
Всего:	28,52	1475	7,84

В ходе официального визита Президента Республики Таджикистан, уважаемого Эмомали Рахмона в Республику Узбекистан, 2 июня 2022 года, президентами двух братских стран был дан старт строительству Яванской гидроэлектростанции на реке Зеравшан.

В настоящее время изучается возможность строительства гидроэлектростанции Фондарья мощностью 135 мегаватт и выработкой 600 миллионов киловатт-часов электроэнергии.

Предложения и рекомендации

Горные ледники Зеравшана, как и большинство ледников Таджикистана и Средней Азии в настоящее время переживают бурный период деградации, следовательно для уменьшения быстрого их таяния предлагаются следующие превентивные мероприятия: (1) Строительство водоёмов и озеленение территории вблизи ледников. (2) Посадка лесов. (3) Создание нескольких крупных ледниковых заповедников. (4) Проведение мониторинга

и изучения состояния ледников бассейна реки Зеравшан не реже одного раза в пять лет.

Выводы

Как упомянул президент Таджикистана Эмомали Рахмон, выступая 7 июня 2022 года на Второй международной конференции высокого уровня по международному десятилетию действий «Вода для устойчивого развития, 2018-2028», Таджикистан на протяжении нескольких лет испытывает негативные последствия от изменения климата, в особенности, от таяния ледников.

Обнадеживающим является только то, что согласно [4] глобальное потепление будет продолжаться еще 100-200 лет и ледники Центральной Азии не исчезнут, а полностью уйдут под моренный чехол и будут отдавать воду, хотя и меньшими темпами.

В бассейне реки Зеравшан большинство ледников сокращаются быстрее, чем на Памире и в других регионах Таджикистана, главным образом, из-за расположения ледников ниже фирновой линии.

Водные ресурсы бассейна реки Зарафшан обеспечивают эффективные возможности для строительства гидроэлектростанций как на самой реке, так и на её крупных притоках.

Литература

1. Долгушин Л.Д., Осипов Г.Б. Ледники. Природа мира. Москва. «Мысль». 1989, 131 с.
2. Котляков В.М. Снег и лед в природе Земли. Москва. „Наука”, 1986, 160с.
3. Мӯсоев З., Дильмурадов Н. Ледники Таджикистана. Душанбе, 1994. 43 с.
4. Основные результаты выполненных работ по мониторингу и исследований ледников лаборатории Гляциологии ТШВНЦ в период 2016-2020 гг.
5. Аброров Ҳ. Ҳолати имрӯза ва таҳаввули минбаъдаи пирахҳои кӯхистони Зарафшон. Маводҳои Конференсияи илмӣ дар мавзӯи Имкониятҳои истифодабарии захираҳои обӣ-энергетикии Тоҷикистон дар шароити тағйирёбии иқлим”. Душанбе, 22 майи соли 2009.
6. Шетинников А. С. Оледенение Гиссаро - Алая. Ленинград, 1981, 119 с.
7. Шетинников А.С. Морфология и режим ледников Памиро-Алая. Ташкент, 1998, 219 с.
8. Каталог ледников СССР. Т.14.вып.,3.ч.1.,2, бассейн р. Зеравшан. Л. Гидрометеоздат, 1982, 120 с.
9. Насыров М.Н. Ледники бассейна р. Зеравшан. Современное оледенение в бассейне реки Зеравшан“. Ташкент, 1972, с. 142-148.
10. Аброров Ҳ. Иқтисодии иҷтисодии захираҳои оби водии Зарафшон. Душанбе. 2005. 190 с.
11. Аброров Х.А., О.А. Ризоева, М.Ё. Холбегов Рациональное использование и защита водных ресурсов в Согдийской области Республики Таджикистан. Молодой ученый, №23 (365). Душанбе, 2021, с.137-143.
12. Аброров Х., Шерматов Н. Формирования водных ресурсов Горного Зерафшана и их экономический потенциал. Душанбе, 2013, 150 с.
13. Каюмов А.К., Арифов Х.О. Деградация оледенений и оценка ее влияния на развитие гидроэнергетики Таджикистана. Вестник «Таджикистан и мир» №3(71), 2020, с. 147-155.
14. Каюмов А.К., Арифов Х.О. Перспективы развития гидроэнергетики в условиях климатических изменений и деградации ледников. Экономика Таджикистана. №1, 2021 г., с. 117-121.
15. Петров Г.Н., Халиков Х. Энергоэффективность крупных рек Таджикистана. Доклады Академии Наук Республики Таджикистан. Том 52, №8. Водные ресурсы, 2009, с.639-644.
16. Гидроэнергетические ресурсы Таджикской ССР. – Л.: Недра, 1965, 658с.

НАҚШИ ПИРЯХҲОИ ҲАВЗАИ ДАРӢИ ЗАРАФШОН ДАР ТАШАККУЛИ ЗАХИРАҲОИ ОБӢ ВА ГИДРОЭНЕРГЕТИКИИ ВОДИИ ЗАРАФШОН

Шомаҳмадов А.М.^{1,*}, Қаюмов А.Қ.¹, Боқизода А.Б.¹

¹Муассисаи давлатии илмӣ «Маркази омӯзиши пирахҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон»

*Муаллифи масъул. E-mail: ali.shoh1951@gmail.com

Шарҳи мухтасар. Баррасии тадқиқот ва маълумотҳо оид ба ҳолат ва таҳавулотҳои минбаъдаи пирахҳо дар ҳавзаҳои дарёи Зарафшон гузаронида шуд. Муайян карда шуд, ки аз сабаби оқибатҳои манфии

тағйирёбиши иқлим дар 30-40 соли наздик майдони пирахҳо дар ҳавза метавонад 20-30% кам шавад; гармшавии глобалӣ 100-200 соли дигар идома хоҳад кард ва пирахҳо қомилан зери қабати морена мемонанд ва об медиҳанд, гарчанде бо суръати насттар; аз сабаби дар зери хатти фирн ҷойгир буданишон аксарияти пирахҳои ҳавза назар ба минтақаи Помир ва дигар ноҳияҳои Тоҷикистон тезтар қоҳиш меёбанд; Захираҳои бои об ва мавҷудияти майдонҳои васеи пирахӣ дар ҳавза барои сохтмони станцияҳои барқи обӣ, ҷӣ дар ҳуди дарёи Зарафион ва ҷӣ дар шохобҳои қалони он имконият медиҳанд.

Калидвожаҳо: яхбандӣ, гармшавии глобалӣ, захираҳои яхбандӣ, майдони заҳқашӣ, ҷараёни об, таназзули пирахҳо, захираҳои обу энергетикӣ, иқтидорҳои гидроэнергетикӣ.

THE CONTRIBUTION OF THE GLACIERS OF THE ZERAUVSHAN RIVER BASIN TO THE FORMATION OF WATER AND ENERGY RESOURCES OF THE ZERAUVSHAN VALLEY

Shomahmadov A.M.^{1,*}, Kayumov A.K.¹, Bokizoda A.B.¹

¹State Scientific Institution «Center for Research of Glaciers of the National Academy of Sciences of Tajikistan»

*Corresponding author. E-mail: ali.shoh1951@gmail.com

Abstract. This review examines studies and information on the current state and further evolution of glaciers in the Zeravshan River basin is conducted. Findings indicate that, due to the negative impact of climate change in the next 30-40 years, the area of glaciers in the basin may decrease by 20-30%; global warming will continue for another 100-200 years, and the glaciers will completely go under the moraine cover and will give up water, although at a slower rate; due to the location below the firn line, most glaciers in the basin are shrinking faster than in the Pamirs and other regions of Tajikistan; rich water resources and the presence of huge areas of glaciers in the basin provide a potential opportunity for the construction of hydroelectric power plants, both on the Zeravshan river itself and on its main tributaries.

Keywords: glaciation, global warming, ice reserves, catchment area, water flow, glacier degradation, water and energy resources, hydroelectric potential.

Маълумот оид ба муаллифон. Қаюмов Абдулхамид Қаюмович - академики Академияи байналхалкии илмҳои экология ва ҳаёти беҳавф, профессор, сарҳодими илмии Маркази омӯзиши пирахҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел.: (+992) 93 999 9272, E-mail: abdkayumovcryos@gmail.com. Шомахмадов Алишо Мардонович - ходими пешбари илмии Маркази омӯзиши пирахҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, номзади илмҳои физикаю математика. Тел.: (+992) 98 807 0165, E-mail: ali.shoh1951@gmail.com. Боқизода Адлинисо Боқимаҳмад - ходими илмии Маркази омӯзиши пирахҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел.: (+992) 93 890 94 05. E-mail: bokizodaadliniso@gmail.com.

Сведения об авторах. Қаюмов Абдулхамид Қаюмович – д.и.н., академик Международной академии наук экологии и безопасной жизнедеятельности, профессор, главный научный сотрудник Центра изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана. Тел.: (+992) 93 999 9272, E-mail: abdkayumovcryos@gmail.com; Шомахмадов Алишо Мардонович - кандидат физико - математических наук, ведущий научный сотрудник Центра изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана. Тел.: (+992) 98 807 0165, E-mail: ali.shoh1951@gmail.com; Боқизода Адлинисо Боқимаҳмад - научный сотрудник Центра изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана. Тел.: (+992) 93 890 94 05, E-mail: bokizodaadliniso@gmail.com.

Information about the authors. Kayumov Abdulhamid Kayumovich - Academician of the International Academy of Ecology and Life Safety Sciences, Professor, Chief Researcher of the 1State Scientific Institution «Center for Research of Glaciers of the National Academy of Sciences of Tajikistan», Tel.: (+992) 93 999 9272, E-mail: abdkayumovcryos@gmail.com; Shomakhmadov Alisho Mardonovich- Leading Researcher of the State Scientific Institution «Center for Research of Glaciers of the National Academy of Sciences of the Tajikistan», Candidate of Physical and Mathematical Sciences. Tel.:(+992) 988 07 0165. E-mail: ali.shoh1951@gmail.com; Bokizoda Adliniso Bokimahmad - Researcher of the 1State Scientific Institution «Center for Research of Glaciers of the National Academy of Sciences of Tajikistan». Tel.: (+992) 93 890 94 05, E-mail: bokizodaadliniso@gmail.com.

СВЯЗЬ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ С ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ БАССЕЙНОВ РЕК ТАДЖИКИСТАНА ЗА ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД 2018-2021 ГГ.

Сафаров М.Т.¹, Каюмов А.К.¹, Шомахмадов А.М.^{1,*}

¹Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников Национальной Академии наук Таджикистана»

*Автор-корреспондент. E-mail: ali.shoh1951@gmail.com

Аннотация. Целью исследования является определение взаимосвязи основных метеорологических параметров с гидрологическим режимом основных бассейнов рек Таджикистана за вегетационный период 2018-2021 гг. Выявлено, что максимальные значения усреднённых по всем бассейнам рек среднемесячных значений расхода воды приходились на июнь-июль месяцы, и значительные изменения среднемесячных значений расхода воды по отдельным бассейнам рек в определённый период времени объясняются соответствующими изменениями температуры воздуха или количества осадков за этот период времени. Средние по всем бассейнам рек среднемесячные значения температуры воздуха за весь вегетационный период увеличиваются, в среднем на 2,5 °С, а количество осадков и расхода воды уменьшаются примерно на 20-21%. Полученные уравнения и графики корреляционной связи дают возможность при отсутствии данных по одному из бассейнов рек определить их в среднем по другим бассейнам, если коэффициенты корреляции больше 0,6.

Ключевые слова: температура воздуха, количество осадков, отклонение метеорологических параметров от климатической нормы, расход воды, гидрологический режим, корреляционная связь.

Введение

Крупные речные бассейны Таджикистана (рис.1) различаются высотой водосборов, степенью оледенения, неоднородной доступностью влагонесущих воздушных масс и как следствие, неравномерным увлажнением, различным развитием речной сети, неоднородными условиями питания рек и формирования стока [1].

По классификации, выделяются 3 типа питания рек Таджикистана: ледниково-снеговое, снегово-ледниковое, снегодождевое. К ледниково-снеговому относятся бассейны рек Пяндж, Вахш и Зеравшан, снеголедни-ковому - реки Варзоб и Кафирниган, а к снегодождевому - реки Яхсу и Кызылсу [2,3].

Реки, питающиеся от ледников и снежников, характеризуются устойчивостью весенне-летнего половодного периода, поэтому мониторинг ледниково-вых и снежных ресурсов в контексте изменения климата может служить для изучения сезонных и межгодовых режимов стока в реч-

ных бассейнах. В связи с этим, изучение и оценка водности бассейнов рек и оценка влияния изменения метеопараметров и климатических факторов на их гидрологический режим имеют большое значение и являются жизненно важными для Таджикистана и всей Центральной Азии [4-6].

Мониторинг гидрометеорологических параметров в контексте изменения климата служит основой для изучения сезонных и межгодовых режимов стока в речных бассейнах. К сожалению, детальный анализ количественной и качественной связей метеорологических параметров с гидрологическим режимом основных речных бассейнов Таджикистана, не проводился.

Целью настоящей работы является определение взаимосвязи основных метеорологических параметров (на примере температуры воздуха и количества осадков) с гидрологическим режимом основных бассейнов рек Таджикистана (на примере расхода воды) за вегетационные периоды 2018-2021 гг.

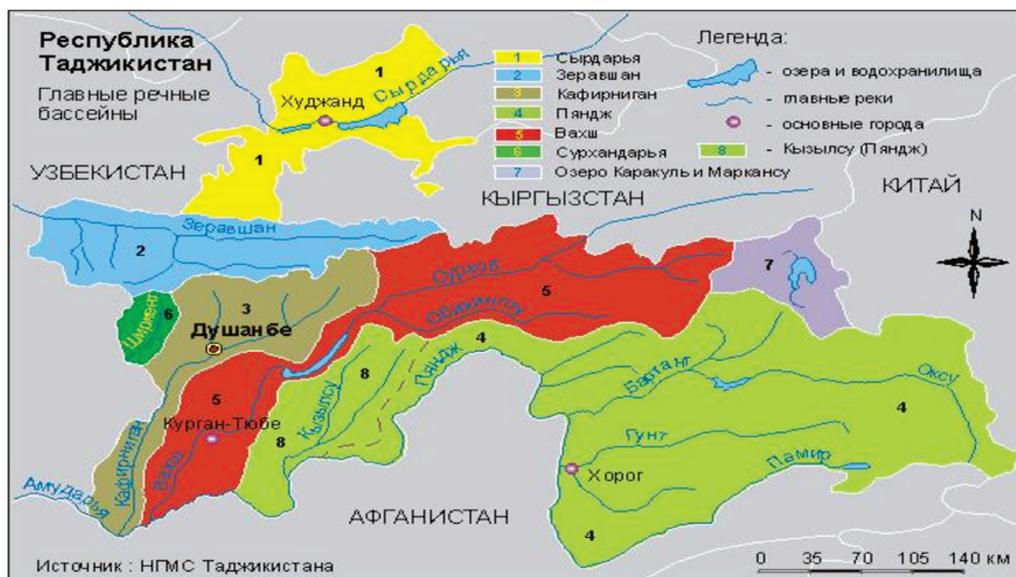


Рисунок 1. Основные речные бассейны Таджикистана [1]

На первом этапе исследования проводился анализ количественной и качественной связей температуры воздуха, количества осадков, а также сезонного снежного покрова, оценка его состояния и определение его взаимо-связи с основными метеорологическими параметрами в зимний и весенний периоды 2017-2021 гг. [7].

Район исследования

В район исследования входят бассейны пяти рек Таджикистана, зоны формирования стока которых, находятся на территории страны (рис. 1). Бассейны рек Вахш, Зеравшан, Варзоб и Пяндж расположены на территории с устойчивым снежным покровом и редкими оттепелями в течение зимнего сезона, а бассейны рек Кизилсу и Яхсу (предгорья Кулябского региона Хатлонской области) - в условиях с частыми оттепелями и крайне неустойчивым снежным покровом.

Использованные материалы и методика проведения анализа данных

Для анализа использованы архивные материалы и гидрометеорологические бюллетени Агентства по гидрометеорологии за 2017-2021 гг. [8-10].

Объектом исследования являются данные по расходу воды, температуре воздуха и количеству осадков на 16 ги-

дрологических постах и 18 метеостанциях, расположенных в бассейнах рек Зеравшан, Кафирниган (Варзоб), Вахш, Пяндж и Кзылсу Яхсу (далее, Кзылсу) за весенне-зимний и вегетационные периоды 2017-2021 гг. Высоты расположения станций в отдельных бассейнах рек следующие: Вахш – высоты 1258-1998 м н.у.м, Зеравшан – высоты 2204-3143 м н.у.м, Кафирниган – высоты 1361-3373 м н.у.м, Кзылсу – высоты 1132-2566 м н.у.м и Пяндж - высоты 1288-3436 м н.у.м. [8].

В основу методики анализа данных в данной работе был положен статистический анализ и сопоставление значений исследуемых параметров с использованием Excel программы, а также другая специальная литература [11-13]. Все данные усреднялись, как в месячном разрешении, так и по всем принадлежащим бассейнам рек станциям, а иногда по всем бассейнам рек, т.е. каждая отдельная точка имеет большой вес и характеризует, по крайней мере, около 25-30 точек.

Анализ использованных гидрометеорологических данных за вегетационный период 2018-2021 гг.

Температура воздуха. Ввиду громоздкости таблиц среднемесячных значений температуры воздуха, количества осад-

ков и расхода воды приводятся только графики изменений этих значений по исследуемым бассейнам рек по усреднен-

ным по этим значениям (рис.2), а анализ проводился, всё-таки, по таблицам.

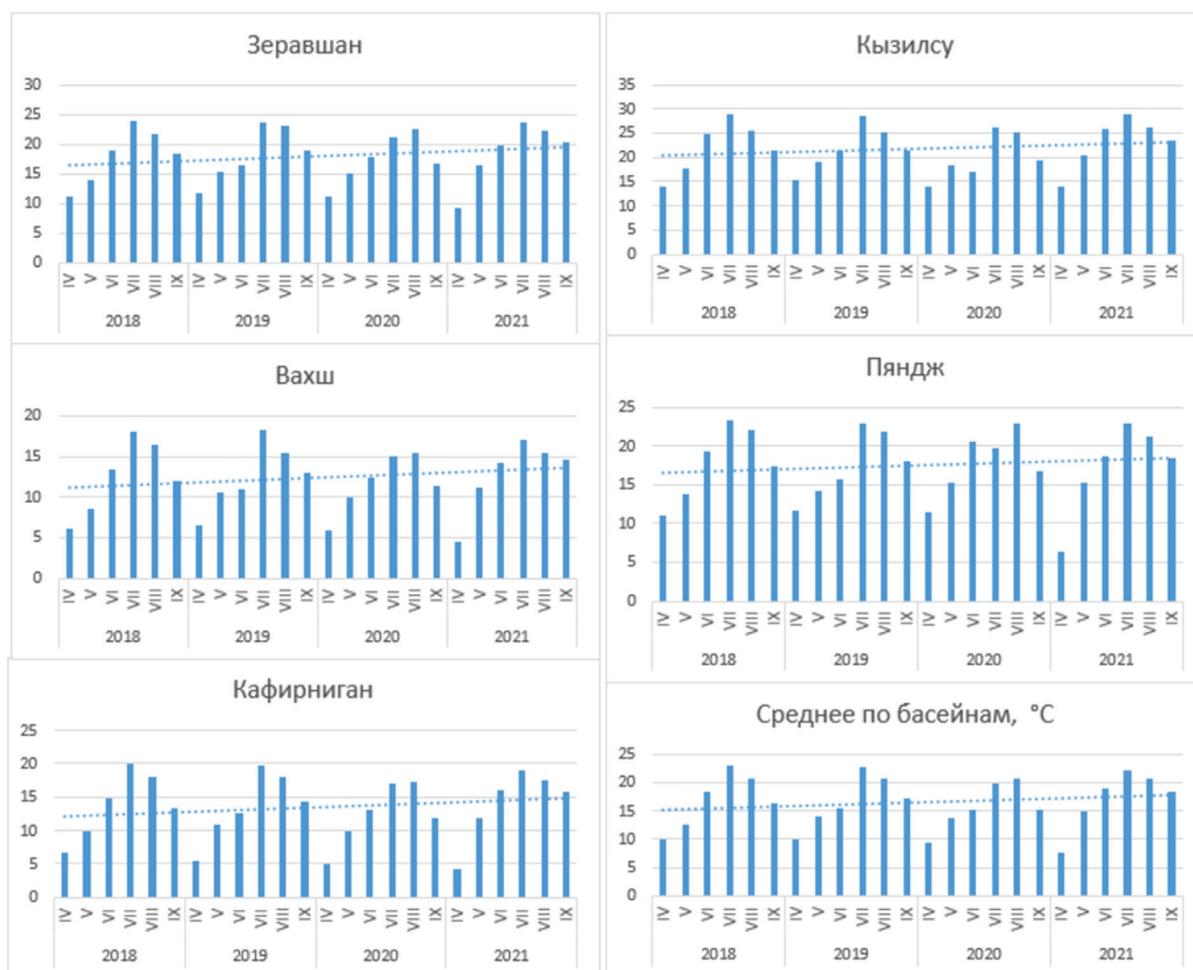


Рисунок 2. Временной ход изменения среднемесячных значений температуры воздуха по исследуемым бассейнам рек за вегетационный период 2018-2021 гг.

Анализ данных по среднемесячным значениям температуры воздуха показал, что за весь исследуемый вегетационный период 2018-2021 гг., по всем бассейнам рек наиболее жаркими были июль и август месяцы: река Зеравшан - $t_{cp} = 22,8^{\circ}C$, река Вахш - $t_{cp} = 16,4^{\circ}C$, река Кафирниган - $t_{cp} = 18,3^{\circ}C$, Кызилсу - $t_{cp} = 26,8^{\circ}C$, Пяндж - $t_{cp} = 22,1^{\circ}C$, в среднем по всем бассейнам - $t_{cp} = 21,3^{\circ}C$. Среднегодовые значения температуры воздуха за период 2018-2021 по бассейнам составляли: река Зеравшан - $17,5-18,6^{\circ}C$, и в среднем, за весь период, $18,1^{\circ}C$, река Вахш - $11,7-12,8$, составляя, в среднем, $12,3^{\circ}C$, река Кафирниган

- $13,5-14,1^{\circ}C$, составляя в среднем, $13,4^{\circ}C$, Кызилсу - $20-23,1^{\circ}C$, составляя, в среднем, $21,8^{\circ}C$, Пяндж - $17,2-17,8^{\circ}C$, составляя в среднем $17,5^{\circ}C$, в среднем по всем бассейнам, $15,9-17,2^{\circ}C$ и в среднем, $16,6^{\circ}C$.

Если подвести итог, то в разрезе бассейнов, наибольшие величины усреднённых за весь исследуемый период среднемесячных значений температуры воздуха наблюдались для бассейнов рек Зеравшан, Кызилсу и Пяндж ($17,5^{\circ}C-21,8$), а наименьшие для бассейнов рек Вахш и Кафирниган ($12,3 - 13,4^{\circ}C$).

Из рис. 2 видно, что временной ход изменения среднемесячных значений темпе-

ратуры воздуха по всем исследуемым бассейнам рек имеет положительный тренд по всем бассейнам реки, за весь период наблюдения температура воздуха увеличивается на 2,5°C.

Количество осадков. На рис. 3 приведены временные изменения среднемесячных значений количества осадков по бассейнам рек за вегетационный период 2018-2021 гг., из рассмотрения которого видно, что по всем бассейнам рек наибольшее среднемесячное значение количества осадков, наблюдалось в основном в апреле - мае месяце, за исключением реки Вахш, где наибольшие значения наблюдались в апреле. За эти месяцы количество осадков изменялось следующим образом: Зеравшан - 37,4-99,4 мм; Вахш - 60,6-115,9 мм; Кафирниган - 137,2-193,4 мм; Кызилсу - 106,7-199,5 мм; Пяндж - 20,9-34,3 мм.

Среднегодовые значения изменялись, Зеравшан: 2018 год - 23,3 мм, 2019 год - 29,7 мм, 2020 год - 23,7 мм и 2021 год - 12,4 мм, составляя в среднем 22,3 мм; Вахш:

2018 год - 42,5 мм, 2019 год - 52,0 мм, 2020 год - 33,6 мм и 2021 год - 25,4 мм, составляя, в среднем, 38,4 мм; Кафирниган: 2018 год - 40,4 мм, 2019 год - 53,1 мм, 2020 год - 53,7 мм и 2021 год - 15,9 мм, составляя в среднем 40,8 мм; Кызилсу: 2018 год - 62,1 мм, 2019 год - 86,7 мм, 2020 год - 59,7 мм и 2021 год - 34,4 мм, составляя в среднем, 60,7 мм; Пяндж: 2018 год - 14,4 мм, 2019 год - 12,8 мм, 2020 год - 12,1 мм и 2021 год - 7,5 мм, и в среднем, 11,7 мм.

В среднем, за весь период, наибольшее количество осадков выпало по бассейнам рек Кызилсу, Кафирниган и Вахш (38,4 - 60,7 мм), а наименьшее - в бассейнах рек Пяндж и Зеравшан (11,7 - 22,3 мм).

На рис. 3 приведён временной ход изменения среднемесячных значений количества осадков по исследуемым бассейнам рек, имеющий отрицательный тренд и среднемесячные значения количества осадков за весь период уменьшаются на 20 %.

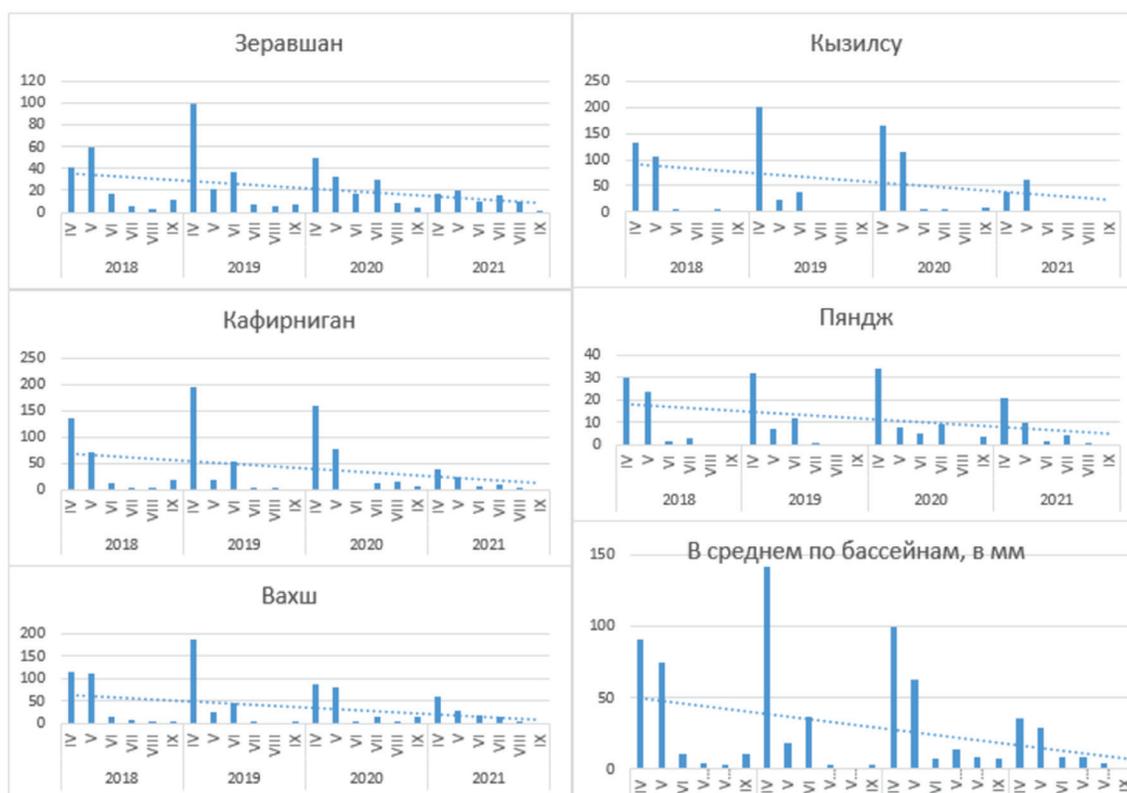


Рисунок 3. Временной ход изменения среднемесячных значений количества осадков по исследуемым бассейнам рек за вегетационный период 2018-2021 гг.

Расход воды. На рис. 4 приведены среднемесячные значения расхода воды по бассейнам рек за вегетационный период 2018-2021 гг. Анализ этих значений показал, что этой таблицы показал, что за весь исследуемый период среднегодовые значения расхода воды по бассейнам рек, составляли, Зеравшан: 2018 год - 100,5 м³/сек, 2019 год - 162,1 м³/сек, 2020 год - 121,3 м³/сек и 2021 год - 74,2 м³/сек, и в среднем, 114,5 м³/сек; Вахш: 2018 год - 549,6 м³/сек, 2019 год - 510,8 м³/сек, 2020 год - 481,4 м³/

сек и 2021 год - 524,2 м³/сек, составляя, в среднем, 516,5 м³/сек; Кафириниган: 2018 год - 93,8 м³/сек, 2019 год - 124,1 м³/сек, 2020 год - 120,1 м³/сек и 2021 год - 71,4 м³/сек, и в среднем, 102,3 м³/сек; Кызилсу: 2018 год - 36,7 м³/сек, 2019 год - 75,3 м³/сек, 2020 год - 59,6 м³/сек и 2021 год - 57,5 м³/сек, и в среднем, 56,6 м³/сек; Пяндж: 2018 год - 103,6 м³/сек, 2019 год - 221 м³/сек, 2020 год - 61,8 м³/сек и 2021 год - 97,3 м³/сек, составляя, в среднем, 120,9 м³/сек.

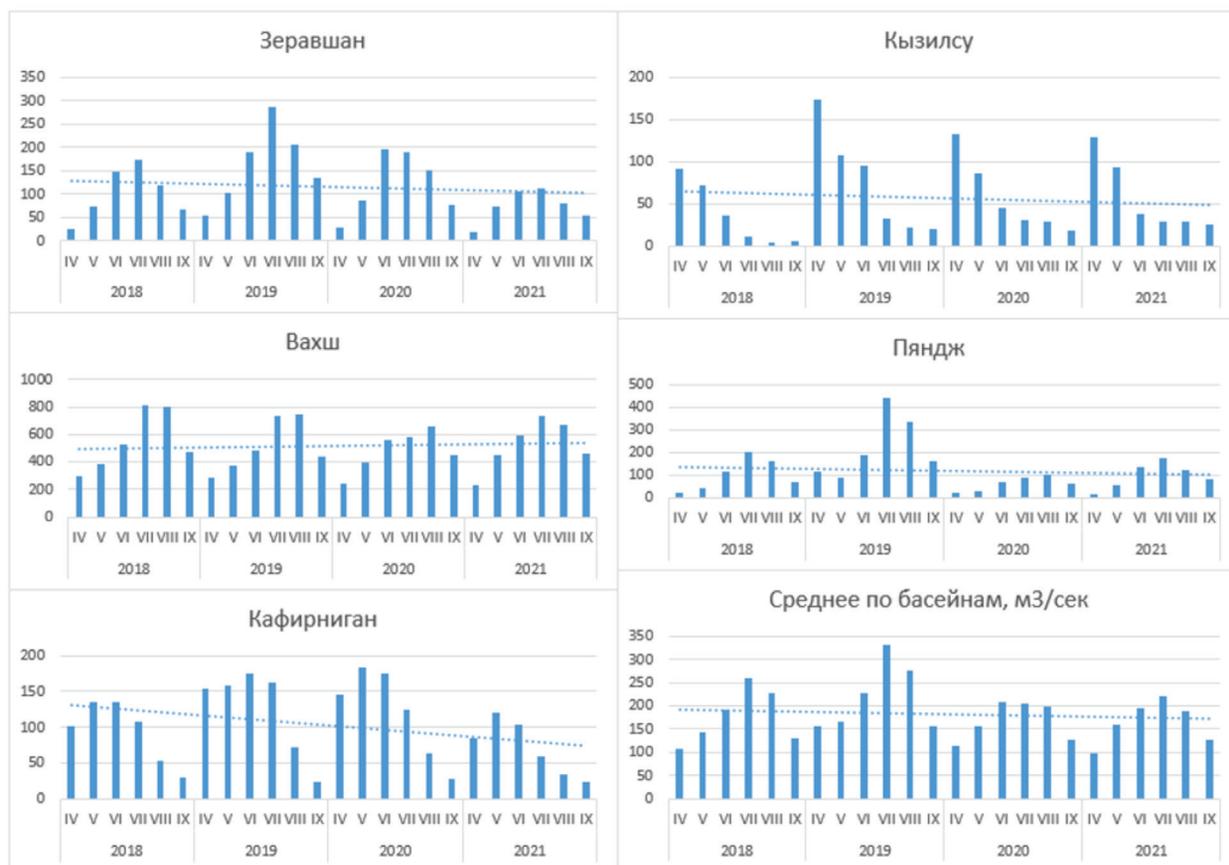


Рисунок 4. Временной ход изменения среднемесячных значений расхода воды по исследуемым бассейнам рек за вегетационный период 2018-2021 гг.

Меньшие и большие среднегодовые расходы воды за разные периоды времени, можно объяснить соответственно, меньшими и большими среднегодовыми значениями количества осадков или температурой воздуха, за эти периоды (рис. 2, рис. 3).

За весь исследуемый период, наибольшие значения усреднённых по отдельным

бассейнам рек среднемесячных значений расхода воды, наблюдались по бассейну реки Вахш (516,5 м³/сек), а наименьшие – в бассейне реки Кызилсу (56,6 м³/сек), другие значения менялись в пределах 102,3-120,7 м³/сек. Среднее по всем бассейнам рек значение составляло 182,1 м³/сек.

Временной ход расхода воды имеет отрицательный тренд по всем бассейнам

рек, за исключением реки Вахш и средне-месячные значения расхода воды в среднем по всем бассейнам рек за весь период уменьшаются на 21% (рис.4).

Если подытожить результаты изучения тренда изменения исследуемых параметров по отдельным бассейнам, то можно убедиться, что тенденции остаются

неизменными по всем исследуемым параметрам и в итоге, за весь исследуемый период вегетации температура воздуха увеличивается, в среднем, на 2,5°C (рис. 2), а количество осадков и расход воды уменьшаются соответственно на 20 и 21%, в среднем по всем бассейнам рек (рис. 3 и 4).

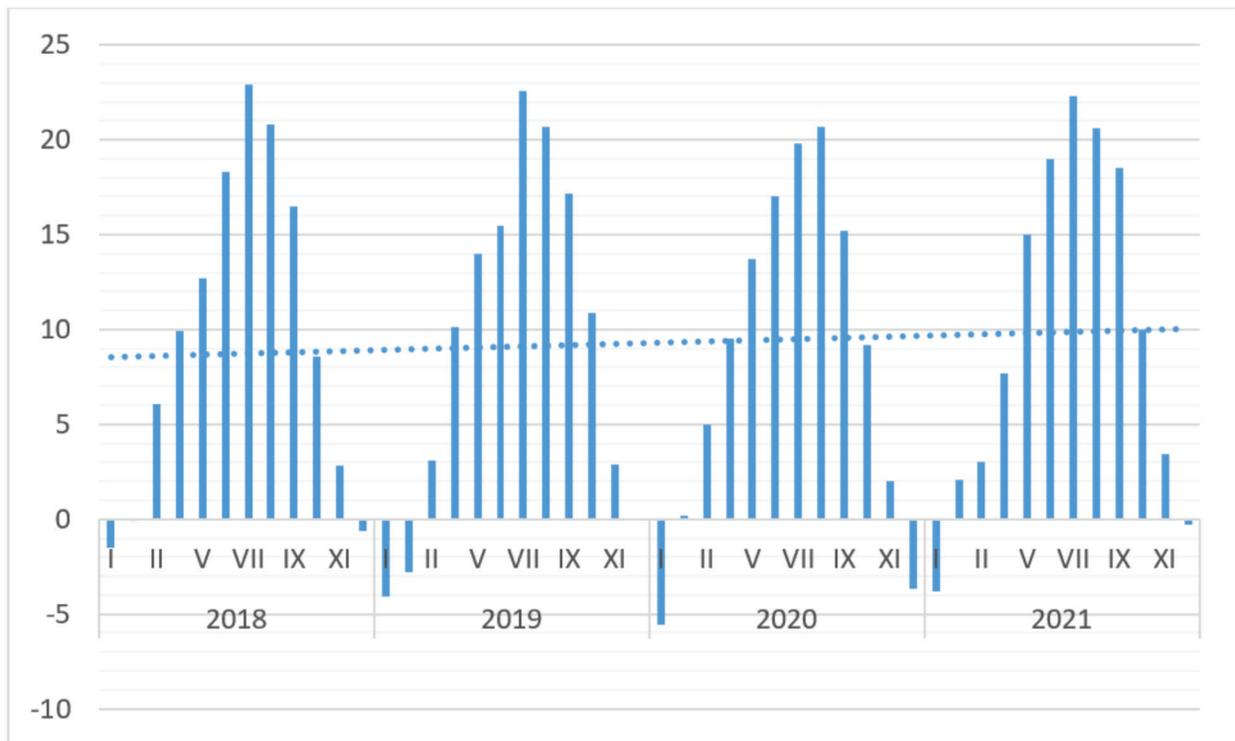


Рисунок 5. Временной ход изменения среднемесячных значений расхода воды по исследуемым бассейнам рек за 2018-2021 гг.

Конечно, увеличение температуры воздуха за исследуемый период на 2,5°C вначале кажется большим, но не надо забывать, что мы рассматривали изменение параметров только за вегетационный период, а не их годовые изменения.

Если рассмотреть ход изменения не за вегетационный период, а за весь годовой период 2018-2021 гг., то можно убедиться, что температура воздуха за этот период увеличивается только на 1,5°C (рис.5).

Изучение взаимосвязи гидрологического режима и метеорологических параметров

Расход воды. В табл. 1 приведены значения коэффициентов корреляции средне-месячных значений расхода воды между отдельными бассейнами рек за вегетационный период 2018-2021 гг. Значительные положительные значения коэффициентов корреляции наблюдаются для бассейнов рек Зеравшан-Вахш, Зеравшан - Пяндж, Вахш - Пяндж, Кафирниган - Кзылсу, а также бассейнов рек Зеравшан, Вахш и Пяндж со средними по всем бассейнам рек значениями (0,58 - 0,89).

Таблица 1. Корреляционная матрица среднемесячных значений расхода воды по бассейнам рек за 2018-2021 гг.

Реки	Вахш	Кафирниган	Кзылсу	Пяндж	Среднее по бассейнам
Зеравшан	0,69	0,27	-0,45	0,79	0,9
Вахш		-0,24	-0,77	0,69	0,85
Кафирниган			0,58	0,02	0,18
Кзылсу				-0,38	-0,46
Пяндж					0,89

Значительный отрицательный коэффициент корреляции среднемесячных значений расхода воды между бассейнами рек Вахш и Кзылсу (-0,77) объясняется тем, что пик вегетационного периода для бассейна реки Кзылсу наступает раньше, в апреле месяце, а в бассейне реки Вахш - в июне-июле (рис.4).

Результаты анализа коэффициентов корреляции среднемесячных значений расхода воды между исследуемыми бас-

сейнами рек подтверждаются по ходу изменения расхода воды (рис. 4).

Температура воздуха. Корреляционная матрица связи среднемесячных значений температуры воздуха по отдельным бассейнам рек за 2018-2021 гг. (табл. 2) свидетельствует об их довольно тесной связи (0,96-0,99), что подтверждается также её синхронным изменением по всем бассейнам рек (рис. 2).

Таблица 2. Корреляционная матрица связи среднемесячных значений температуры воздуха по бассейнам рек за 2018-2021 гг.

Реки	Вахш	Кафирниган	Кзылсу	Пяндж	Среднее по бассейнам
Зеравшан	0,99	0,99	0,95	0,97	0,99
Вахш		0,99	0,96	0,97	0,99
Кафирниган			0,96	0,96	0,99
Кзылсу				0,89	0,98
Пяндж					0,96

Количество осадков. Коэффициенты корреляции среднемесячных значений количества осадков по отдельным бассейнам рек (табл.3) свидетельствуют об

их довольно тесной связи (0,80-0,98), что подтверждается синхронным изменением количества осадков по всем бассейнам рек (рис. 3).

Таблица 3. Корреляционная матрица средне месячных значений количества осадков по бассейнам рек за 2017-2022 гг.

Реки	Вахш	Кафирниган	Кзылсу	Пяндж	Среднее по бассейнам
Зеравшан	0,93	0,89	0,85	0,82	0,93
Вахш		0,93	0,93	0,88	0,98
Кафирниган			0,97	0,91	0,98
Кзылсу				0,8	0,98
Пяндж					0,92

Расход воды и другие параметры. Между среднемесячными значениями расхода воды и температурой воздуха по бассейнам рек также существует тесная связь (табл. 4), о чём свидетельствуют значительные коэффициенты корреляции (от -0,75 до 0,94), за исключением бассейна реки Кафирниган (-0,32).

Значительный отрицательный коэффициент корреляции (-0,75) в бассейне Кызилсу, объясняется тем, что макси-

мальный пик расхода воды в этом бассейне приходится на апрель месяц (рис.4), а в апреле температура воздуха меньше, чем за остальной период (рис.2), а довольно большие положительные значения этих коэффициентов (0,62-0,94) в бассейнах рек Зеравшан, Вахш, Кызилсу, Пяндж и в среднем по всем бассейнам, подтверждаются согласованным изменением этих величин по названным бассейнам рек и в среднем по всем бассейнам (рис. 2 и 4).

Таблица 4. Корреляционная связь среднемесячных расходов воды и температуры воздуха в бассейнах рек за 2017-2022 гг.

Зеравшан	Вахш	Кафирниган	Кызилсу	Пяндж	Среднее по бассейнам
0,68	0,94	-0,32	-0,75	0,62	0,78

В табл. 5 приведены коэффициенты корреляции среднемесячных значений расхода воды и количества осадков по бассейнам рек, из которого видно, что

коэффициенты корреляции значительны только для бассейнов рек Вахш и Кызилсу (-0,69 и 0,77, соответственно). Для остальных бассейнов рек они не значительны.

Таблица 5. Корреляционная связь среднемесячных значений расходов воды и количества осадков в бассейнах рек за 2017-2022 гг.

Зеравшан	Вахш	Кафирниган	Кызилсу	Пяндж	Среднее по бассейнам
-0,34	-0,69	0,43	0,77	-0,48	-0,51

Отрицательный коэффициент корреляции (-0,69) для бассейна реки Вахш означает, что максимальные значения расхода воды для этого бассейна приходятся на июнь-август, а в это время осадки незначительны (рис. 4).

В ходе изучения связи значений выбранных метеопараметров и расхода воды по отдельным бассейнам и усреднённым по всем бассейнам рек, по значительным коэффициентам корреляции, были получены соответствующие корреляционные

графики и уравнения (примеры приведены на рис. 6 а-г).

Были также получены соответствующие корреляционные уравнения корреляционной связи, которые дают возможность, при отсутствии данных по одному из бассейнов рек или среднему по всем бассейнам определить, в среднем, другое значение. Расчёты по этим уравнениям и графикам допустимы, если коэффициенты корреляции больше 0,6, т.е. чем больше коэффициент корреляции, тем надёжнее получаемые результаты.

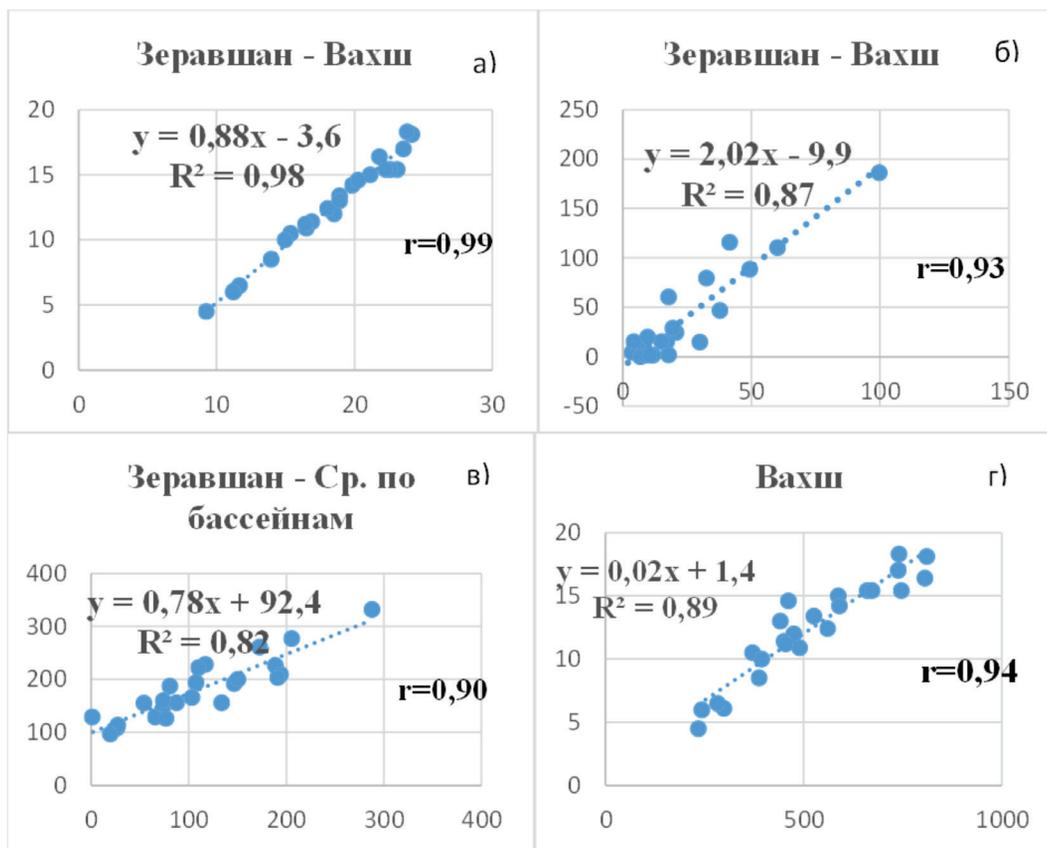


Рисунок 6. Примеры корреляционных графиков связи среднемесячных значений температуры воздуха - а), количества осадков - б) и расхода воды - в), а также расхода воды и температуры воздуха - г) по отдельным бассейнам рек.

Если подытожить результаты изучения корреляционных связей между исследуемыми параметрами, то вытекает, что значительные положительные коэффициенты корреляции свидетельствуют о синхронном изменении соответствующих параметров по бассейнам рек. Значительные отрицательные коэффициенты корреляции по отдельным бассейнам означают, что максимальные значения расхода воды для этих бассейнов приходятся на разные периоды времени. В этом можно убедиться при рассмотрении ходов изменения исследуемых параметров, приведённых на рис. 2 - 4.

Выводы

Анализ исследуемых параметров по бассейнам рек Вахш, Зеравшан, Варзоб, Кызилсу и Пяндж за вегетационный период (апрель - сентябрь месяцы) 2018-2021 гг. показал, что:

1. Значительные изменения среднемесячных значений расхода воды по отдельным бассейнам рек в определенный период времени объясняются соответствующими изменениями температуры воздуха или количества осадков за этот период.

2. Значительные положительные коэффициенты корреляции по отдельным бассейнам рек свидетельствуют о синхронном изменении соответствующих параметров (температура воздуха, количество осадков и расход воды) по этим бассейнам, а значительные отрицательные коэффициенты корреляции по отдельным бассейнам означают, что максимальные значения расхода воды для этих бассейнов приходятся на разные периоды времени.

3. Между среднемесячными значениями температуры воздуха и количества осадков по отдельным бассейнам рек и, в среднем, по всем бассейнам, существует довольно тесная корреляционная связь (0,80-0,99).

4. По бассейнам рек Зеравшан, Вахш, Пяндж и в среднем по всем бассейнам наблюдаются значительные положительные коэффициенты корреляции среднемесячных значений расхода воды (0,58-0,90);

5. За весь исследуемый период вегетации усредненные по всем бассейнам рек среднемесячные значения температуры воздуха увеличиваются, в среднем на 2,5 °С, а количество осадков и расхода воды уменьшаются соответственно на 20 и 21%;

6. Полученные уравнения и графики корреляционной связи дают возможность при отсутствии данных по одному из бассейнов рек, определить, в среднем, другое значение, если коэффициенты корреляции больше 0,6.

Литература

1. Каюмов А.К., Салимов Т.О. Изменения климата и водные ресурсы Таджикистана. Издательство «Ирфон», – Душанбе, 2013, 168 с.
2. Годовые обзоры по стихийным гидрометеорологическим явлениям за 2009 и 2014 - 2017гг. Фонды Агентства по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан.
3. Публикация ВМО. Защитим наши народы и будущие поколения. Женева, 5 марта 2022, 18 с.
4. Кобулиев З.В. Мониторинг состояния ледников Таджикистана с учетом изменения климата. Душанбе, 2017, 21 с.
5. Мухаббатов Х., Яблоков А. Снежный покров Таджикистана - Третье национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. 2014, 79 с.
6. Третье национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Под общей редакцией профессора Каюмова А.К. Душанбе, 2008, с. 84-90.
7. Каюмов А.К., Шомахмадов А.М., Сафаров М.Т. Изучение связи метеопараметров в бассейнах основных рек Таджикистана за период зимы и ранней весны 2017-2022 гг.. Журнал “Водные ресурсы, энергетика и Экология” № 4(3), 2024г. Душанбе, 2024, с. 44-60.
8. Гидрометеорологические бюллетени Агентства по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан за 2017-2022 гг. год. Душанбе, 2022 г.
9. Декадные гидрологические бюллетени Агентства по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан за 2021 год. Душанбе, 2021 г.
10. Месячный обзор о гидрометеорологических условиях, сложившихся в Республике Таджикиста. Фонды Агентства по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан за 2021 год. Душанбе, 2021, 12с.
11. Вентцел Е.С. Теория вероятностей. Издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 4-е стереотипное издание, Москва, 1969, 564 с.
12. Руководящий нормативный документ по ведению учета поверхностных вод. Методические указания. Ленинград, 1984, 16 с.
13. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Государственный гидрологический институт. С-Петербург, 2004, 75 с.

АЛОҚАМАНДИИ ПАРАМЕТРҲОИ МЕТЕОРОЛОГӢ БО РЕЧАИ ГИДРОЛОГИИ ҲАВЗАҲОИ ДАРӢҲОИ ТОЧИКИСТОН ДАР ДАВРАИ ВЕГЕТАТСИОНИИ СОЛҲОИ 2018-2021

Сафаров М.Т.¹, Қаюмов А.Қ.¹, Шомахмадов А.М.^{1,*}

¹Муассисаи давлатии илмӣ «Маркази омӯзиши пирахҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон»

*Муаллифи масъул. E-mail: ali.shoh1951@gmail.com

Шарҳи мухтасар. Мақсади тадқиқот муайян кардани робитаи параметрҳои асосии метеорологӣ бо речаи гидрологии ҳавзаҳои асосии дарёҳои Тоҷикистон барои мавсими вегетатсионии солҳои 2018-2021 мебошад. Маълум карда шуд, ки дар давраи муайян тағйироти назарраси қимати моҳонаи сарфи об дар ҳавзаҳои дарёҳои алоҳидаро бо тағйироти мувофиқи ҳарорати ҳаво ё миқдори боришот дар ин давра шарҳ додан мумкин. Қимати миёнаи ҳарорати моҳонаи ҳаво барои тамоми ҳавзаҳои дарёҳо, дар давраи вегетатсионии таҳқиқгардида, ба ҳисоби миёна 2,5 °С зиёд шуда, миқдори боришот ва сарфи об 20-21 % кам мешаванд. Вобастагиро ва графикҳои коррелятсионии ҳосилшуда имкон медиҳанд, ки дар сурати мавҷуд набудани маълумот оид ба яке аз ҳавзаҳои дарё, қимати он аз ҳисоби ҳавзаҳои дигар, ки барояш маълумот вучуд дорад, муайян карда шавад, агар коэффициентҳои коррелятсия аз 0,6 зиёд бошад.

Калидвожаҳо: ҳарорати ҳаво, боришот, тамоюли параметрҳои метеорологӣ аз меъри иқлимӣ, сарфи об, речаи гидрологӣ, вобастагии коррелятсионӣ.

RELATIONSHIP OF METEOROLOGICAL PARAMETERS WITH HYDROLOGICAL REGIME OF TAJIKISTAN RIVER BASINS DURING THE VEGETATION PERIODS 2018-2021

Safarov M.T.¹, Kayumov A.K.¹, Shomahmadov A.M.^{1,*}

¹State Scientific Institution «Center for Research of Glaciers of the National Academy of Sciences of the Tajikistan»

*Corresponding author. E-mail: ali.shoh1951@gmail.com

Abstract. The purpose of the study is to determine the relationship of the main meteorological parameters with the hydrological regime of the main river basins of Tajikistan for the growing seasons 2018-2021. It was revealed that significant changes in the average monthly water discharge rates for individual river basins (up or down) over a certain period of time can be explained by corresponding changes in air temperature or precipitation over this period. Monthly air temperatures averaged over all river basins increase by an average of 2.5 °C, but precipitation and water discharge decrease by 20-21% over all investigated vegetation period. The resulting correlation equations and graphs make it possible, in the absence of data for one of the river basins, to determine it on average, through other river basins, if the correlation coefficients are greater than 0.6.

Keywords: air temperature, precipitation, deviation of meteorological parameters from the climate norm, water flow, hydrological regime, correlation connection.

Маълумот оид ба муаллифон. Сафаров Махмад Табарович - мудири шӯъбаи обуҳавошиносӣ, хифзи пирахҳо, тағйирёбии иқлим ва мутобиқшавии Маркази омӯзиши пирахҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел.: (+992) 98 901 2929, E-mail: mahmadsafarov1963@gmail.com. Қаюмов Абдулхамид Қаюмович - академики Академияи байналхалқии илмҳои экология ва ҳаёти беҳавф, профессор, сарҳодими илмӣ Маркази омӯзиши пирахҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел.: (+992) 93 999 9272, E-mail: abdkayumovcryos@gmail.com. Шомахмадов Алишо Мардонович - ходими пешбари илмӣ Маркази омӯзиши пирахҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, номзади илмҳои физикаю математика. Тел.: (+992)98 807 0165, E-mail: ali.shoh1951@gmail.com.

Сведения об авторах. Сафаров Махмад Табарович - заведующий отделом гидрометеорологии, защиты ледников, изменения климата и адаптации Центра изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана. Тел.: (+992) 98 901 2929, E-mail: mahmadsafarov1963@gmail.com. Каюмов Абдулхамид Каюмович - д.и.н., академик Международной академии наук экологии и безопасной жизнедеятельности, профессор, главный научный сотрудник Центра изучения ледников Национальной академии наук

Таджикистана. Тел.: (+992)93 999 9272. E-mail: abdkayumovcryos@gmail.com. Шомахмадов Алишо Мардонович - кандидат физико - математических наук, ведущий научный сотрудник Центра изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана. Тел.: (+992) 98 807 0165, E-mail: ali.shoh1951@gmail.com.

Information about the authors. Safarov Makhmad Tabarovich - Head of the Department of Hydrometeorology, Glacier Protection, Climate Change and Adaptation of the Glacier Research Center of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Tel.: (+992) 98 901 2929, E-mail: mahmadsafarov1963@gmail.com. Kayumov Abdulhamid Kayumovich - Academician of the International Academy of Ecology and Life Safety Sciences, Professor, Chief Researcher of the State Scientific Institution «Center for Research of Glaciers of the National Academy of Sciences of the Tajikistan», Tel.: (+992) 93 999 9272, E-mail: abdkayumovcryos@gmail.com, Shomakhmadov Alisho Mardonovich - Leading Researcher of the State Scientific Institution «Center for Research of Glaciers of the National Academy of Sciences of the Tajikistan», Candidate of Physical and Mathematical Sciences. Tel.: (+992) 98 807 0165, E-mail: ali.shoh1951@gmail.com.

УДК 626.8 (075):338.45

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ШЛАНГОВОГО УСТРОЙСТВА АШУ-4 ПРИ ПОЛИВЕ ХЛОПЧАТНИКА И ЕГО ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Абдусаматов М.^{1,*}

¹*Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана*

**Автор-корреспондент. E-mail: abdusamadm@rambler.ru*

Аннотация. В данной статье рассмотрены методические подходы расчета экономической эффективности устройства АШУ-4 при поливе хлопчатника. Произведены расчеты с применением дисконтного метода. Установлены основные показатели экономической эффективности при внедрении АШУ-4 на бороздковом поливе. Определены экономическая эффективность внедрения АШУ-4 при поливе средневолокнистого и тонковолокнистого хлопчатника в районах Явана и Дж. Балхи.

Ключевые слова: автоматическое шланговое устройство, полив по бороздам, эксплуатация, оросительная норма, площадь, урожайность, срок службы, дисконтированный чистый доход, дисконтированный срок окупаемости, себестоимость воды.

Введение

В условиях нарастающего дефицита водных ресурсов, вопросы рационального использования водных ресурсов, разработка и внедрение водосберегающих технологий и применение новой техники полива имеет важное научно-практическое значение.

Эффективность капитальных вложений в мелиорацию земель, в частности в улучшение водопользования, определяется путем сравнения основных показателей существующих и предлагаемых мероприятий [1,2].

Целью проведенных многолетних и комплексных исследований является обоснование применения автоматического шлангового устройства АШУ-4 и его эффективность в условиях орошаемого зем-

леделия Яванского и Дж. Балхи районов Хатлонской области.

Объектом исследования являлся комплект АШУ-32, разработанный ВНПО «Радуга» Российской Федерации, который имеет следующие характеристики: общий расход воды - 32 л/с; рабочее давление в сети - 0,3 МПа; ширина захвата - 200 м, масса комплекта - 2730 кг.

Исследования по применению АШУ-32 (АШУ-4) проводились в 1989 году в колхозе «40 лет Таджикистана» района Дж. Балхи, а в 1990-1991 годы в совхозе №3 Яванского района.

В районе Дж. Балхи на орошаемых землях отсутствуют гидранты (а в Яване имеются). Во время исследования на опытном участке по исследованию АШУ-32 (и АШУ-4) в этом районе воду подава-

ли с помощью насосного агрегата марки К 45/30 (расход 12 л/с, напор 30 м, мощность эл. двигателя 7,5 кВт). Забор воды насосом осуществлялся из отстойника, расположенного рядом с участковым каналом. Проводящая сеть из быстроразборных труб (диаметр 160 мм) и шланговое устройство были установлены в полосе отчуждения земель вдоль лесонасаждения [3].

Экономическая эффективность внедрения новой техники и технологии в настоящее время проводится с применением дисконтного метода, который учитывает нормы банковского кредита [4,5,6], инфляции, нормы дохода инвестора и других норм на весь период действия проекта [7,8,9]. Этому вопросу посвящены работы как зарубежных, так и наших ученых которые широко используются при реализации инвестиционных проектов в секторе ирригации, в том числе при экономическом обосновании капитальных вложений при модернизации ирригационных схем и насосных станций [3,10,11,12].

Однако, в условиях орошаемого земледелия Яванского и Дж. Балхи районов использование АШУ-32 в качестве новой технологии полива и её экономическая эффективность не были исследованы.

Основными показателями экономической эффективности применения техники и технологии полива являются:

- дисконтированный чистый доход от внедрения новой техники (NPV);
- внутренняя норма доходности (IRR);
- дисконтированный срок окупаемости затрат инвестиций и эксплуатации новой техники (DPP);
- индекс доходности (IP) новой техники.

Дисконтированный чистый доход от применения новой техники определяем по формуле:

$$NPV = [-Kз + \sum_{t=1}^n \Delta\P/(1+i)^t] \quad (1)$$

где, NPV – чистый дисконтированный доход, сомони;

Kз – поток затрат для внедрения новой техники, включая инвестиции, ежегодные затраты на капитальный и текущие ремонты и амортизационные отчисления, сомони;

ДП – дополнительная прибыль от эксплуатации новой техники, сомони;

i – норма дисконтирования, принимаем 12% (эта норма применяется при экономическом обосновании модернизации насосных станций и ирригационных схем проектов Всемирного Банка).

t – расчетные годы, принимаем t = 20 лет.

Дисконтированный срок окупаемости затрат при эксплуатации новой техники (DPP) определяется по формуле:

$$DPP = \min \text{ при котором } \sum_{t=1}^n \Delta\P/(1+i)^t > Kз \quad (2)$$

Индекс доходности (PI) внедрения новой техники определяем по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \Delta\P/(1+i)^t / Kз \quad (3)$$

С помощью данного индекса можно рассчитать объем прибыли на единицу затрат: если PI > 1, то рентабельность внедрения новой техники положительная, при PI = 1 внедрение новой техники не будет приносить ни прибыли, ни убытков и при PI < 1 новая техника убыточна.

Внутренняя норма доходности (IRR) определяется по формуле (1) при условии:

$$NPV = [-Kз + \sum_{t=1}^n \Delta\P/(1+i)^t] = 0 \quad \text{или} \quad (4)$$

$$Kз = \sum_{t=1}^n \Delta\P/(1+i)^t$$

В качестве исходных данных при экономических расчетах была использована схема расположения оросительной сети для автоматизации полива сельскохозяйственных культур, по бороздам из гидрантов с помощью АШУ-4 для фермерских хозяйств, с площадью до 4 га (рис.1.).

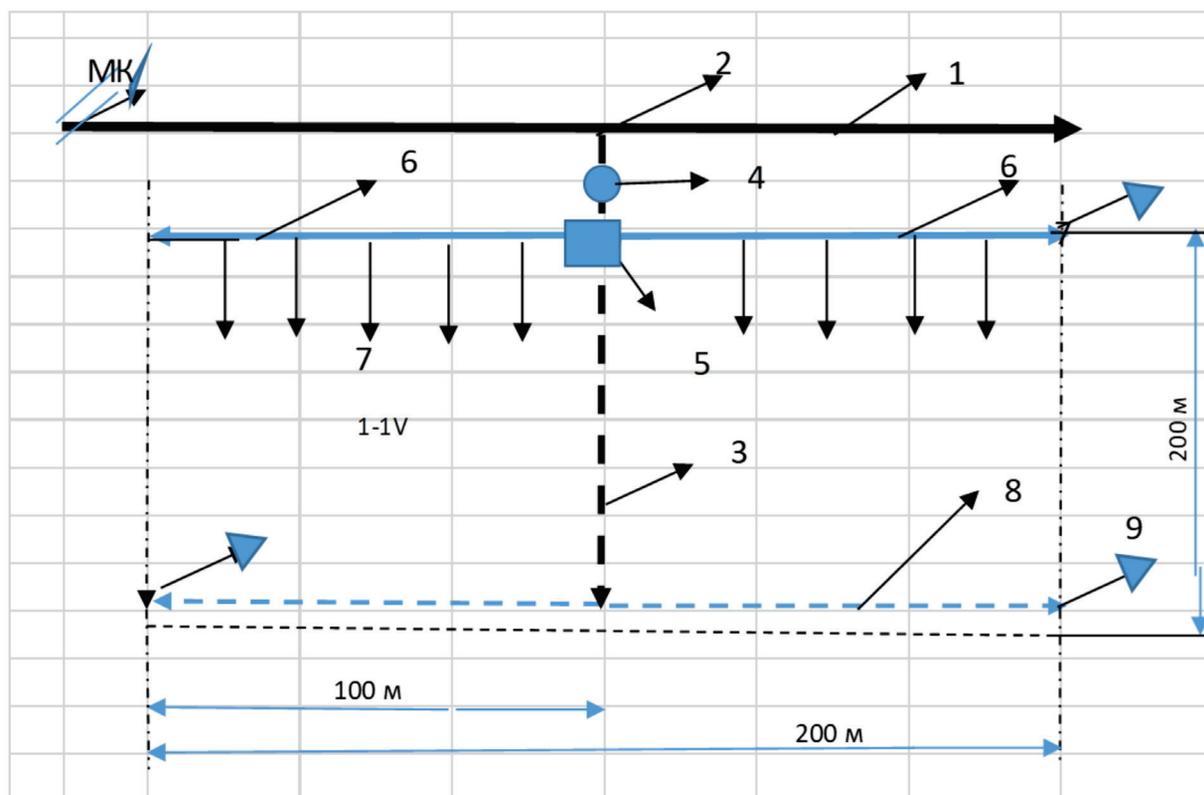


Рисунок 1. Схема расположения оросительной сети при поливе по бороздам с применением АШУ-4.

Обозначения для рисунка: 1- лотковая оросительная сеть; 2 – водовыпуск из лотка в закрытый трубопровод; 3 - закрытая трубчатая оросительная сеть; 4 – гидрант - водовыпуск; 5 – устройства АШУ-4; 6 - поливной шланг; 7 – поливные борозды; 8 - водосборно - сбросная сеть; 9 - концевые сбросы; 1-1v - номера фермерских (дехканских) хозяйств или водопользователей.

Исследования по применению АШУ-32 (АШУ-4) основано на научных исследованиях автора в колхозе «40 лет Таджикистана» района Дж. Балхи в 1989 году, и в совхозе №3 Яванского района в 1990 - 1991 годах.

Результаты исследований

Для определения чистого дисконтированного дохода (NPV), нормы внутренней доходности (IRR), дисконтированного срока окупаемости затрат (DPP) и индекса доходности (PI) проводились следующие расчеты:

1. Стоимость приобретения, доставки и монтажа АШУ-4 и нарезки временной сети для бороздкового полива хлопчатника.

2. Определяем возможную прогнозную урожайность хлопчатника на 20 лет, с учетом достигнутых показателей.

3. Определяем годовые затраты и чистую прибыль от выращивания хлопчатника с учетом себестоимости подачи воды.

4. Определяем себестоимость подачи воды для орошения при разных технологиях.

5. Используя программу Excel составили таблицу для расчета IRR, NPV, дисконтированного срока окупаемости (DPP) и индекса доходности (IP).

Стоимость семян, ядохимикатов, транспортировки продукции, услуг по обработке почвы и ухода за растениями, уборке урожая и т. д., а также реализации

онная стоимость выращенной продукции определяется на местном рынке.

Годовая прибыль при выращивании хлопка-сырца определяется по формуле:

$$П_{\text{бп}} = F \cdot (Y_{\text{бп}} \cdot Ц - C_{\text{бп}}) \quad (5)$$

$$П_{\text{АШУ-4}} = F \cdot (Y_{\text{АШУ-4}} \cdot Ц - C_{\text{АШУ-4}}) \quad (6)$$

Где, $П_{\text{бп}}$ и $П_{\text{АШУ-4}}$ – соответственно прибыль при выращивании хлопчатника с применением АШУ-4 и при бороздковом поливе, сомони/га;

$Y_{\text{бп}}$ и $Y_{\text{АШУ-4}}$ – соответственно урожайность хлопка-сырца при бороздковом орошении и с применением АШУ-4, т/га;

$Ц$ – рыночная стоимость урожая;

$C_{\text{бп}}$ и $C_{\text{АШУ-4}}$ – соответственно себестоимость выращивания хлопчатника при поливе по бороздам и использовании АШУ-4, сомони/га.

Расчет дополнительной прибыли при применении АШУ-4 проводится по следующей формуле:

$$\Delta П_{\text{АШУ-4}} = П_{\text{АШУ-4}} - П_{\text{бп}} \quad (7)$$

где, $\Delta П_{\text{АШУ-4}}$ - дополнительная прибыль при применении АШУ-4, сомони;

$П_{\text{АШУ-4}}$ – прибыль от продажи хлоп-

ка-сырца и стеблей при использовании АШУ-4, сомони;

$П_{\text{бп}}$ – прибыль от продажи хлопка-сырца и стеблей при бороздковом поливе, сомони.

Затраты на выращивание хлопчатника при ручном поливе и поливе с применением АШУ-4 определяем по двум основным группам. Первая группа включает затраты, связанные с эксплуатацией по содержанию системы АШУ-4, а вторая группа, связанная соблюдением с агротехники по уходу за хлопчатником.

Себестоимость подачи воды в поливную сеть определяем по формуле:

$$С_{\text{пв}} = (S3э \cdot 100/W)/10 \quad (8)$$

где, $С_{\text{пв}}$ – себестоимость подачи воды в поливную сеть, дир/м³;

$S3э$ – сумма затрат на эксплуатацию и содержание поливной сети, сомони;

W – объем поданной воды в поливную сеть, м³.

Принятые исходные данные для расчета экономической эффективности при применении АШУ-4 приведены в таблице 1.

Таблица 1. Исходные данные для расчета экономической эффективности при применении АШУ-4 в условиях районов Яван и Дж.Балхи.

№	Показатели	Полив с помощью автоматиз. шлангового устройства (АШУ-4)	Бороздковый полив (ручной)
1	Расчетная площадь, га	4,0	4,0
2	Срок службы, год	20,0	0,0
3	Стоимость оросительной системы, сомони	25000,0	2800,0
4	Годовые нормы амортизацион. отчислений, %	5,0	3,0
5	Годовые нормы отчислений на капитал. и текущ. ремонты	3,0	2,0
8	Коэффициент полезного действия поливной сети	0,9	0,7
	Производительность труда поливальщика, чел. день/га	0,2	1,0
9	Рыночная цена хлопка-сырца, сомони/т	10000,0	10000,0
10	Рыночная цена стеблей, сомони/т	2000,0	2000,0
11	Урожайн. хлопка-сырца, т/га	3,2	2,8
12	Яванский район, 3 ГМР, ороситель. норма средне-вол. хлопчатника, нетто, м ³ /га	7060,0	7060,0

13	Оросит. норма, брутто, м ³ /га	8305,9	10861,5
14	Стоимость за поставку воды, сомони/га	415,3	543,1
15	Район Дж. Балхи, 3 ГМР, ороситель. норма тонко-волокон. хлопчатника, нетто, м ³ /га	8820,0	8820,0
16	Оросит. норма, брутто, м ³ /га	10376,5	13569,2
17	Стоимость поставки воды, сомони/га	518,8	678,5

Примечание: В расчётах таблиц приняты фактическое количество поливов и оросительные нормы, а также цены на сырьё, оборудование и материалы приняты рыночные.

Как показывают данные таблицы 1. при использовании АШУ-4 по сравнению с обычным поливом по бороздам стоимость полива из оросительной сети на 4 га составляет 25000 сомони или в 8,9 раза больше, чем при обычном поливе.

Однако, производительность полива поливальщика повышается более чем в пять раз, КПД техники полива за счет

равномерности распределения воды между бороздами увеличивается с 0,65 до 0,85, а прибавка урожая хлопка-сырца при поливах с АШУ-4 составляет 0,5 т/га.

Итоговые расчеты себестоимости подачи воды при применении АШУ-4 и обычном поливе приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2. Расчет себестоимости подачи воды на хлопковое поле с применением АШУ-4.

№	Наименование основных действий	Единица измерения	Количество на 4 га	Стоимость единицы, сомони	Всего стоим, сом на 4 га	Всего на 1 га
Действия по эксплуатации и содержанию системы АШУ-4						
1	Монтаж и налад. АШУ-4	чел. день	1	100	100	25
2	Стоим.оборуд., матер. АШУ-4	сомони	1	25000	25000	6250
	Итого				25 100	6 275
3	Поливы (7 поливов)	чел. день	1,4	50	70	18
4	Консерв. сист. на зимн. хран.	чел. день	1	100	100	25
5	Оросительная вода на 4 га	м ³	33224	0,05	1661	415
6	Амортиз. основн. фондов	%	25100	0,05	1255	314
7	Отчисл. на кап. и тек. ремонты	%	25100	0,03	753	188
	Всего				3839	960
	Себестоимость подав. воды	дирам/м ³			0,12	0,12

Далее в таблице 3. производится расчет себестоимости подаваемой воды на

хлопковое поле при обычном бороздковом поливе.

Таблица 3. Расчет себестоимости подаваемой воды на хлопковое поле при обычном бороздковом поливе.

№	Наименование основных действий	Единица измерения	Количество, 4 га	Стоимость единицы, сомони	Всего стоимость, сомони	Всего на 1 га
Действия по эксплуатации и содержанию системы бороздкового полива						
1	Нарезка и разравн. врем. оросит. сети трактором	сомони	1	2800	2800	700
	Итого				2 800	700
2	Поливы, (7)	чел. день	7	50	350	88
3	Оросительная вода на 4 га	м ³	43448	0,05	2172	543
4	Аморт. основ. фондов	%	2800	0,015	42	11
5	Отчисления. на капитал. и текущ. рем-ты	%	2800	0,015	42	11
	Всего				2606	652
	Себест. подав. воды	дирам/м ³			0,06	0,06

Как видно из таблиц 2 и 3 себестоимость подачи одного м³ воды на хлопковое поле при применении АШУ-4 составляет 0,12 дир./м³, тогда как при обычном поливе этот показатель в два раза ниже, т.е. 0,06 дир./м³.

Итоговые расчеты дисконтных показателей при выращивании средневолокнистого хлопчатника приведены в таблице 4.

Таблица 4. Результаты расчета экономических показателей внедрения АШУ-4 дисконтным методом при выращивании средневолокнистого хлопчатника.

Наименование показателей	Формулы и обозначения	Сумма, сомони
Бороздковый полив, всего затрат	$C_{бп} = 3э + 3в$	182132
Бороздковый полив, прибыль	$П_{бп} = Ц_{бп} - C_{бп}$	228568
АШУ-4, всего затрат	$C_{АШУ-4}$	168836
АШУ-4, прибыль	$П_{АШУ-4} = Ц_{АШУ-4} - C_{АШУ-4}$	275764
Дополнительная прибыль от АШУ-4	$П_{доп} = П_{АШУ-4} - П_{бп}$	71561
Капитальные затраты	K_3	
Прибыль от проекта, сомони	$ДП = П_{сп} - П_{бп}$	65286
Норма внутреннего дохода, %	IRR	45%
Дисконт. чистый доход при норме дисконта 12%	$NPV = [-K_3 + SDП / (1+i)^t]$, сомони	18668,2
Дисконт. срок окупаем. инвестиций при норме дисконта 12%, год	$DPP = SDП / (1+i)^t > K_3$, год	3,16
Индекс доходности	$PI = SDП / (1+i)^t / S(K_3)$	3,0

Расчеты дисконтных экономических показателей свидетельствуют о том, что внедрение АШУ-4 в зоне выращивания средневолокнистого хлопчатника (Яванский район) экономически выгодно. Дисконтированный чистый доход составляет 18,6 тыс. сомони за 20 лет, норма внутреннего дохода 45%, дисконтированный срок окупаемости инвестиций при приобретении АШУ-4 не превышает 3,16 года, а чи-

стый дисконтированный доход за период действия проекта перекрывает инвестиционные затраты в три раза.

Применение АШУ-4 для условий выращивания тонковолокнистого хлопчатника (район Дж. Балхи) также экономически выгодно, но себестоимость подачи воды составляет 0,13 дирамов/м³ (таблица 5).

Таблица 5. Расчет себестоимости подачи воды на хлопковое поле при применении АШУ-4 (район Дж. Балхи).

№	Наименование основных действий	Единица измерения	Количество на 4 га	Стоимость единицы, сомони	Всего стоимость, сомони	Всего на 1 га
Действия по эксплуатации и содержанию системы АШУ-4						
1	Монтаж и наладка АШУ-4	чел. день	1	100	100	25
2	Стоим. оборуд. и матер. АШУ-4	сомони	1	25000	25000	6250
	Итого				25100	6275
3	Поливы	чел. день	1,36	50	68	17
4	Консер. сист. на зимнее хранен.	чел. день	1	100	100	25
5	Оросительная вода на 4 га	м ³	41506	0,05	2075	519
6	Аморт. основн. фондов	%	25100	0,05	1255	314
7	Отчисл. на капит. и текущ. ремонты	%	25100	0,03	753	188
	Всего				4251	1063
	Себестоимость подаваемой воды	дирам/м ³			0,13	0,13

Причиной увеличения себестоимости подачи воды является более высокая оросительная норма, которая является свойственной биологии тонковолокнистого хлопчатника, потребляющего больше воды, чем средневолокнистый сорт хлопчатника.

Итоговые расчеты дисконтных показателей при выращивании тонковолокнистого хлопчатника приведены в таблице 6.

Таблица 6. Результаты расчета экономических показателей внедрения АШУ-4 дисконтным методом при выращивании тонковолокнистого хлопчатника.

Наименование показателей	Формулы и обозначения	Сумма, сомони
Борозд. пол., всего затрат	$С_{бп} = 3э + 3в$	187989
Бороздк. полив, прибыль	$П_{бп} = Ц_{бп} - С_{бп}$	222711
АШУ-4, всего затрат	САШУ-4	173571
АШУ-4, прибыль	ПАШУ-4 = ЦАШУ-4 - САШУ-4	271029
Дополнительная прибыль от АШУ-4	$П_{доп} = ПАШУ-4 - П_{бп}$	72158
Капитальные затраты	$Кз$	
Прибыль от проекта, сом.	$ДП = П_{сп} - П_{бп}$	65883
Норма внутреннего дохода, %	IRR	45%
Дисконтированный чистый доход при норме дисконта 12%	$NPV = [-Кз + SDП / (1+i)^t]$, сомони	18888,3
Дисконтир. срок окупаем. инвестиций (при норме дисконта 12%), год	$DPP = SDП / (1+i)^t > Кз$, год	3,12
Индекс доходности	$IP = SDП / (1+i)^t / S(Кз)$	3,0

Расчеты дисконтных экономических показателей свидетельствуют о том, что внедрение АШУ-4 в зоне выращивания тонковолокнистого хлопчатника (район Дж. Балхи) также экономически выгодно. Дисконтированный чистый доход составляет 18,890 тыс. сомони за 20 лет, норма внутреннего дохода 45%, дисконтированный срок окупаемости инвестиций при приобретении АШУ-4 не превышает 3,12 года, а чистый дисконтированный доход за период действия проекта перекрывает инвестиционные затраты в три раза, т.е. индекс доходности $IP = 3,0$.

Выводы

1. Использование АШУ-4 позволяет сэкономить оросительную воду и улучшить мелиоративное состояние орошаемых земель. Применение автоматизированного шлангового устройство АШУ-4 при поливе по бороздам, для выращивания средневолокнистого и тонковолокнистого сортов хлопчатника дехканскими и фермерскими хозяйствами с площадью не менее 4 га, экономически выгодно.

2. Дисконтированный чистый доход при выращивании средне и тонковолокнистого хлопчатника составляет 18,6 -

18,9 тыс. сомони /га, дисконтированный срок окупаемости инвестиций при приобретении АШУ-4 не превышает 3,12-3,16 года. При этом чистый дисконтированный доход за период действия проекта покрывает инвестиционные затраты в три раза, т.е. индекс доходности $IP = 3,0$.

Литература

1. Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений в орошение и осушение земель и обводнения пастбищ. Москва, 1972. - 24 с.
2. Абдусаматов М. Исследование влияния улучшения внутрихозяйственного водопользования на мелиоративное состояние орошаемых земель Вахшской долины. Канд. диссер. по специаль. «Мелиорация и орошаемое земледелие» 06.01.02. Ташкент, 1975, -162 с.
3. Абдусаматов М., Богданов О. К., Сокольский Ю. И. и др. Автоматизированное шланговое устройство (АШУ - 32). Информац. листок Таджикское РПВА НТО. - Душанбе, 1990, - 5с.
4. Л.А. Косолапов. Анализ действующих методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов. Сборник научных трудов национального института экономики, Санкт-Петербург, 2001.;
5. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. Официальное издание. - М.: Экономика, 2000. - 421 с.
6. Бочаров В.В. Финансовый анализ. -СПб.: Питер, 2001. -240 с.

7. Микков У.Э. Оценка эффективности капитальных вложений (новые подходы). - М.: Наука, 1991.-296 с.
8. Четыркин Е.М. Методы финансовых и коммерческих расчетов. -М.: «Дело»,1992. - 319 с.
9. Boyle H. F., Sehenck G.K. Investment analysis: US Oil and Gas Producers Score High in University Survey. 1985 Hydrocarbon Economics and Evaluation Symposium, Dallas, 14-15 March 1985.
10. Рахматиллоев Р., Саидов И.И., Назиров Х.Б. Техничко-экономическое обоснование (ТЭО) реабилитации насосных станций. Материалы 1-ой международной научно-практической конференции внедрение инновационных технологий для повышения энергетической эффективности электроэнергетики РТ, ФГБОУ ВО НИУ МЭИ, филиала в г. Душанбе, 2018, -С.18-28.
11. Рахматиллоев Р., Саидов И.И., Назиров Х.Б. Методика определения затрат электроэнергии на подъем воды для орошения. Материалы 1-ой международной НПК внедрение инновационных технологий для повышения энергетической эффективности электроэнергетики РТ, ФГБОУ ВО НИУ МЭИ, филиала в г. Душанбе, 2018, -С. 50-58.
12. Рахматиллоев Р., Саидов И.И., Назиров Х.Б. Определение себестоимости подачи воды насосными станциями на примере насосной станции Файзабад - Калъа РТ. Методика определения затрат электроэнергии на подъем воды для орошения. Материалы 1-ой международной НПК внедрение инновационных технологий для повышения энергетической эффективности электроэнергетики РТ, ФГБОУ ВО НИУ МЭИ, филиала в г. Душанбе, 2018, -С. 63-70.

ИСТИФОДАИ ТАЧҶИЗОТИ АВТОМАТИКУНОНИДАШУДАИ ЛӢЛАИ ПОЛИЭТИЛЕНӢ АШУ - 4 ҲАНГОМИ ОБӢРИИ ЗИРОАТИ ПАХТА ВА САМАРАНОКИИ ИҚТИСОДИИ ОН

Абдусаматов М.^{1,*}

¹*Институту масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон*

**Муаллифи масъул. E-mail: abdusamadm@rambler.ru*

Шарҳи мухтасар. дар мақолаи мазкур усулҳои ҳисоби самаранокии иқтисодии таҷҳизоти автоматикунонидашудаи АШУ -4 ҳангоми обѐрии зироати пахта баррасӣ гардида ҳисобҳо бо усули дисконтӣ гузаронида шудаанд. Нишондиҳандаҳои ҳисоби фоиданокӣ ҳангомӣ чорӣ намудани таҷҳизоти АШУ-4 ва обмонии ҷӯякӣ муайян карда шудаанд. Самаранокии иқтисодии чорӣ намудани таҷҳизоти АШУ -4 дар ноҳияҳои зерҳавзаи Ваҳшии поён ҳисобида шудаанд.

Калидвожаҳо: таҷҳизоти автоматикунони лӯлаи полиэтиленӣ, обѐри бо ҷӯякҳо, истифодабарӣ, меъѐрӣ обѐрӣ, майдон, ҳосилнокӣ, мӯҳлати хизмат, фоидаи тозаи дисконтӣ, муҳлати талофият, арзиши аслии обдиҳӣ.

ECONOMIC EFFICIENCY OF THE AUTOMATED HOSE DEVICE AHD-4 FOR FURROW IRRIGATION OF COTTON

Абдусаматов М.^{1,*}

¹*Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan*

**Corresponding author. E-mail: abdusamadm@rambler.ru*

Abstract. This article discusses methodological approaches to calculating the economic efficiency of the AHD-4 device for furrow irrigation of cotton. Calculations were performed using the discount method. The main indicators of economic efficiency were established when introducing the AHD-4 and furrow irrigation. The economic efficiency of introducing the AHD-4 for irrigation of medium-fiber and fine-fiber cotton in the areas of the Lower Vakhsh sub-basin was determined.

Keywords: automatic hose device (AHD), furrow irrigation, operation, irrigation rate, area, yield, service life, discounted net income, discounted payback period, cost of water supply.

Маълумот оид ба муаллиф: Абдусаматов Муниҷон – н.и.т., досент, академики Академияи муҳандисии Тоҷикистон ва Академияи муҳандисии байналмилалӣ, унвонҷӯи Институти масаълаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, тел.: (+992) 93 930 3761, E-mail: abdusamadm@rambler.ru.

Сведения об авторе: Абдусаматов Муниҷон – к.т.н. доцент, академик Инженерной академии Таджикистана и Международной инженерной академии, соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, тел.: (+992) 939303761, E-mail: abdusamadm@rambler.ru.

Information about the author. Abdusamatov Munimjon – candidate of the technical science, docent, Academician of the Engineering Academy of the Republic of Tajikistan and IEA, Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences. Tel.:(+992) 93 930 3761, E-mail: abdusamadm@rambler.ru.

УДК:534.6+556.5

КОНСТРУКТИВНАЯ ДОРАБОТКА ПРОФИЛЕМЕРА/РАСХОДОМЕРА RIVER SURVEYOR SONTEK ADP ДЛЯ РАБОТЫ В РЕКАХ ТАДЖИКИСТАНА

Азимов Ш.Ш.^{1*}, Петухов В.Н.¹, Хасанов Т.А.¹, Абдушукуров Д.А.²

¹Физико-технический институт им. С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана

²Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана

*Автор-корреспондент. E-mail: sazimov@tajik.net

Аннотация. В статье содержится информация об акустическом доплеровском профилимере/расходомере SonTEC River Surveyor ADP (США). Описан принцип работы устройства, конструкция и управляющее программное обеспечение. Авторская модификация конструкции адаптировала прибор к условиям водохранилищ и рек Таджикистана, характеризующихся повышенной скоростью течения. Первичные испытания модифицированного прибора проводились на Душанбинском водоканале (13-й километр Варзобского шоссе). В дальнейшем прибор был опробован на реках Сырдарья, Вахи и Варзоб.

Ключевые слова: скорость и расход воды, профиль русла водоема, эффект Доплера, тросовые тяги, обтекатель, катамаран, тримаран, гидротормоз.

Введение и литературный обзор

Таджикистан известен богатством своих водно-энергетических ресурсов. Республика занимает восьмое место в мире и первое место среди государств Центральной Азии по запасам воды. И не случайно, что наше государство в лице его руководителя - Основателя мира и национального единства, Лидера нации, Президента Республики Таджикистан уважаемого Эмомали Рахмона регулярно выступает с самых высоких трибун с инициативами по воде, сохранению её запасов и чистоты. В [1] приведена Таблица Глобальных инициатив Республики Таджикистан по воде и проведённых на международном уровне мероприятий. Очевидно, что в республике целый ряд организаций и ведомств решают проблемы, связанные с водной тематикой. При

этом необходим специальный инструментарий для проведения соответствующих измерений. С советского периода в республике сохранились кое-где гидропосты, оснащённые устаревшим оборудованием для измерения средней скорости и расхода воды. В ФТИ им. С.У. Умарова НАНТ одним из первых в республике в 2003 году начал выполняться региональный проект Международного Научно-Технического Центра (МНТЦ) Т-1163: «Создать работоспособную и оперативную модель баланса и качества воды для трансграничного бассейна верховья реки Сырдарья в Центральной Азии». В рамках проекта был приобретён акустический доплеровский профилимер/расходомер SonTec River Surveyor ADP производства фирмы SonTec/YSI (США), который позволяет измерять и отображать в режиме реально-

го времени скорость течения, вычислять расход воды в потоке, а также выдавать информацию о пройденном пути, привязанную к географическим координатам. Конструкция прибора, его составляющие части и принцип работы кратко описаны в [2]. Цель данной статьи – дать более подробное описание прибора и, главное, описать меры, предпринятые авторами для его усовершенствования, сделав прибор пригодным для работы в условиях горных рек Таджикистана. Отметим также, что авторы ни в коей мере не претендуют на замену описываемым прибором существующей приборной базы гидрологических измерений, хотя бы из-за его высокой стоимости (порядка 24 тысячи долларов США). Во время выполнения задания проекта мы были стеснены временными рамками, поэтому пытались быстро модернизировать прибор, чтобы как можно быстрее приступить к заданию проекта – измерить расход воды в трансграничных реках Таджикистана. В данной статье мы восполним пробел в нашей работе, вызванный естественными вышеуказанными причинами и дадим краткий литературный обзор работ, посвящённых проблеме акустических измерений расхода воды в реках и работ по усовершенствованию соответствующих устройств. В [3] описано усовершенствование акустических измерений с использованием более поздней модели, чем наша, акустического доплеровского профиломера потока воды (ADCP Sontek RiverSurveyor M9), установленного на изготовленной по индивидуальному заказу мини-лодке с дистанционным управлением.

Лодка 1,43 м длиной и шириной 0,425 м с датчиком, выходящим из корпуса, без выступа его края в воду, глубина погружения датчика 0,06 м. Корпус спроектирован так, чтобы минимизировать сопротивление и турбулентность, чтобы лодка могла двигаться против довольно сильного тока, вызывая минимальные по-

мехи в измерениях. Заметим, что работа была опубликована в 2015 году, то есть много позже нас, хотя в ней описаны те же усовершенствования, что и наши. В [4] описана фактически тождественная с [3] разработка дистанционного управляемого катера-тримарана с использованием такой же измерительной головки M9, причём обе публикации вышли практически одновременно. В [5] приведены факты батиметрических исследований надледниковых озёр и ручьёв ледникового покрова Гренландии с использованием полевых измерений и спутниковых снимков высокого разрешения. Ссылаясь на эту работу, можно сделать вывод о перспективности использования нашего прибора для батиметрических полевых измерений в озёрах и ручьях тающих ледников Таджикистана, особенно принимая во внимание приближающееся десятилетие защиты тающих ледников. Представляет интерес статья, опубликованная на портале KIBERLENINKA, в которой описана методика определения расхода воды природных объектов в автоматизированных системах контроля [6]. В статье перечислены основные трудности учёта расхода воды на горных реках. Дан анализ проблемы использования традиционных и перспективных подходов в определении расхода воды в организации работы автоматизированных гидропостов. По прочтении статьи становится очевидной необходимость перехода от ручных, трудоёмких и небезопасных методов определения расходов воды в горных реках к организации автоматизированных гидропостов. Одним из методов, легко поддающихся автоматизации, пусть и не в ближайшем будущем, мог бы стать метод, которому посвящена данная статья.

Итак, что такое SonTec River Surveyor ADP? Акустический доплеровский профиломер — это прибор, измеряющий скорость воды с помощью физического принципа, называемого доплеровским

сдвигом. SonTec River Surveyor ADP - это высокотехнологичный многофункциональный прибор, управляемый сложным по архитектуре программным обеспечением, которое обеспечивает высокоточные измерения гидрологических характеристик исследуемых объектов в реальном масштабе времени. При этом учитываются вносимые оператором поправки относительно местных особенностей исследуемого объекта (форма берегов, подвижность дна, температура и солёность воды, условия мелководья и т.д.). Подробное описание устройства дано на сайте: <https://www.xytem.com/en-us/products--services/software/riversurveyor-software/#close>. Однако авторами движет желание донести до читателя суть работы данного устройства, поэтому мы ограничимся описанием главных пунктов программы, опираясь на три основных литературных источника [7-9]. Следует уточнить, что была приобретена, так называемая мини-конфигурация прибора – ADP River Cat - полностью интегрированная система сбора данных о расходе рек. Система ADP River Cat предназначена для использования на реках со сложным течением, там, где небезопасно проводить измерения с лодки. Система обычно буксируется с пешеходной дорожки или моста через реку или прикреплена к двум линиям, удерживаемым людьми по обе стороны реки. Или же она буксируется каяком, переплывающим реку. ADP River Cat состоит из системы River Surveyor

«Mini» и блока электроники и питания, который размещён в водонепроницаемом «чёрном ящике», расположенном на катамаране. Данные в реальном времени от ADP River Cat отправляются через радиомодемы на компьютер (обычно на берегу реки), на жестком диске которого предварительно записано программное обеспечение River Surveyor [7].

Конструкция и составные части прибора

Первоначально ADP River Cat состоял из 3-х основных частей:

- измерительная головка, состоящая из трёх акустических излучателей/приёмников, ориентированных вертикально под углом 25 градусов относительно друг друга и помещённых в прочный, герметичный цилиндрический корпус из фторопласта (Рис.1, а);

- блок процессора с радиомодемом и штыревой антенной для приёма-передачи команд и данных между прибором и компьютером, включая электронный компас, датчики температуры и угла наклона, а также отсек для батарей питания (Рис. 1, б);

- плавсредство (Рис. 1, в), которое состоит из:

- а) металлической рамы, на которой закрепляются измерительная головка и блок процессора и

- б) двух пластиковых герметичных понтонов-обтекателей, которые держали на плавучую всю конструкцию прибора.

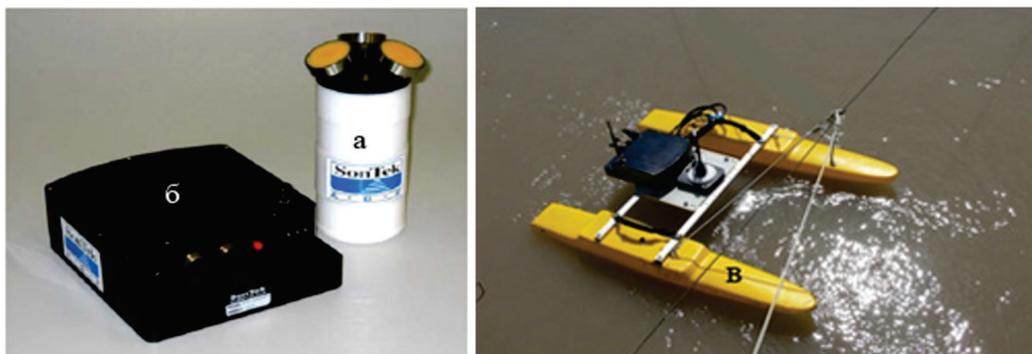


Рисунок 1. Составные части ADP River Cat

а) измерительная головка; б) блок процессора; в) катамаран.

На Рис. 2 показаны три акустических луча, исходящих из головки, а также зоны по глубине, на которые разбивается облучаемый звуком участок сечения реки (водоема).

Профилирование потока, что это? ADP измеряет скорости течения воды вдоль каждого из лучей преобразователей и представляет эти скорости в декартовых (XYZ) координатах. Лучи делятся на дискретные приращения, или ячейки (также известные как ячейки глубины) определенной длины. ADP записывает и усредняет значения скорости в каждой ячейке. Как видно на Рис. 3, текущее профилирование можно рассматривать как разделение потока реки на несколько горизонтальных срезов (рядов) и срезов сверху вниз (столбцов). Внутренний компас и датчик наклона, используемые во всех системах River Surveyor, способны независимо рассчитывать скорость воды в координатах Восток-Север-Вверх (или ENU) ориентации системы. Системы River Surveyor всегда должны использовать координаты ENU. «Ряды» представляют отдельные ячейки, а «столбцы» представляют собой вертикальные профили. Каждый срез (ряд ячеек) будет содержать воду, которая течет с определенной скоростью. Вода в ячейках, расположенных ближе к низу, будут течь медленнее, чем в ячейках на средней глубине из-за трения о дно. Вода

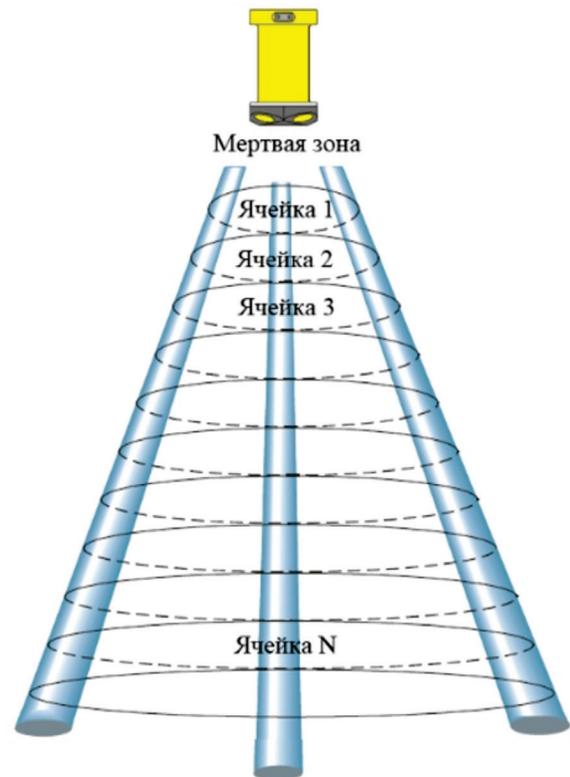


Рисунок 2. Измерительная головка и акустические лучи, исходящие из нее.

в ячейках на левом и правом краях каждой строки также имеет тенденцию течь медленнее, чем в клетках в центре ряда. ADP измеряет скорость воды в каждой из этих ячеек и создает профиль скорости от верха до низа столбца. Перемещая ADP с одного берега реки на другой, мы можем соединить все соседние профили вместе и узнать скорость всей воды в реке.

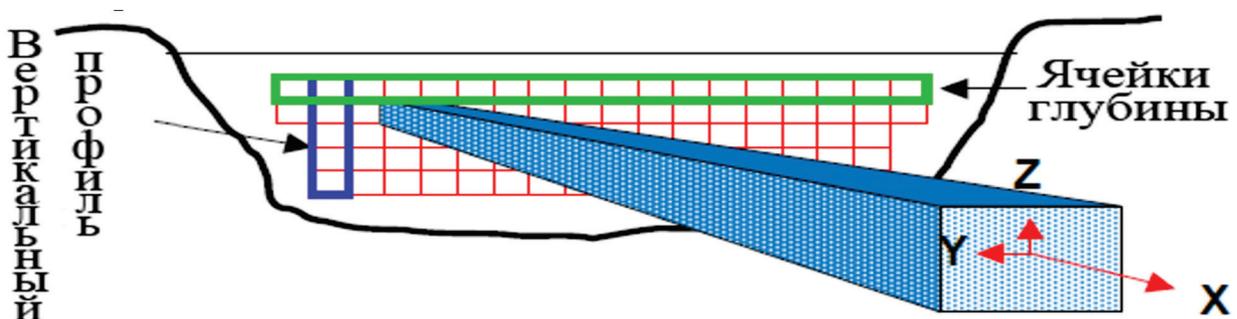


Рисунок 3. Сечение реки, разбитое на ячейки по глубине и профилю.

Оператору необходимо задавать 5 параметров при профилировании потока:

1 - диапазон профилирования - определяется выбранным пользователем значением мертвой зоны (дистанции), размером и количеством ячеек (см. Рис. 2). Диапазон профилирования может быть ограничен и другими факторами, такими как частота системы (в нашей конфигурации это 1500 кГц) и количество частиц, рассеивающих звук (взвеси песка и почвы, пузырьки воздуха и т.п.) а также помехи от физических границ (поверхность дна, объекты на пути луча);

2 - мертвая зона (Blanking Distance) (BD) - это пространство, где невозможно провести измерения. То есть мертвая зона соответствует времени, которое потребуется ADP перейти от передачи акустического импульса к возможности получить через этот же преобразователь отраженный сигнал от рассеивающих частиц в воде. Мертвая зона выбирается пользователем. В нашей конфигурации системы минимальное значение BD=0,4 метра;

3 - Размер ячейки - за пределами мертвой зоны ADP усредняет свои данные по заданному пользователем количеству точек сбора, известных как ячейки глубины. Размер этих ячеек (CS) задаётся пользователем и определяет разрешение профиля скорости (в метрах или футах). Данные, собранные внутри ячейки, усредняются по центру ячейки;

4 - Количество ячеек - количество записываемых точек сбора данных определяется выбранным пользователем количеством ячеек (сокращенно NC). Могут быть собраны данные до 100 ячеек; типичные значения этого параметра находятся в диапазоне от 10 до 30 ячеек;

5 - Интервал усреднения - это период времени в секундах, в течение которого ADP усредняет данные для вычисления профиля средней скорости. Для приложений, работающих в режиме реального времени, например, для сбора речного

стока, интервал усреднения и интервал профилирования одинаковы. Это обеспечивает непрерывное измерение от начала до конца. Минимальное значение этого параметра составляет пять секунд. Для пересечений потока на короткие расстояния или пересечений, которые будут проходить быстро (не рекомендуется), типичные значения составляют **от 5 до 10 секунд**. Для длинных пересечений или при использовании нескольких ячеек (т. е. с большим количеством ячеек), типичные значения интервала усреднения **от 10 до 30 секунд**.

Чтобы собирать данные с помощью River Surveyor предварительно необходимо:

1. а) убедиться в правильной установке ADP на плавсредство River Cat;
- б) подсоединить кабель ADP к измерительной головке;
- в) убедиться в подключении модемного тракта связи ADP с USB входом компьютера (связь с COM-портом);
- г) включить питание ADP;
- д) запустить на компьютере программу River Surveyor, программа инициализируется с пустым экраном сбора данных;

2. Установить связь, для этого:

- а) использовать команду Системная связь|Системы (Ctrl+S),
- б) перейти к настройке пользователя ADP, открыв диалоговое окно «Настройка пользователя».

3. Установить параметры ADP, в диалоговом окне «User setup» ввести все параметры, необходимые для приложения, а именно:

- Префикс имени файла (DEF);
- в окошке «Использовать автоматическое присвоение имени файла» поставить галочку;
- Интервал усреднения (с);
- Магнитное склонение (градусы);
- Соленость воды (ppt);

- Установить «Вручную» в окошке Метод установки изм. головки;
 - Выставить глубину изм. головки (0,1 м);
 - Установить Диапазон профилирования 0,60 м - 10,60 м или ожидаемую глубину русла;
 - Установить системное время;
 - Провести калибровку компаса.
- В конце нажать “ОК”, чтобы перенести настройки в ADP.

Начать сбор данных:

а) Нажать «Воспроизвести» (или F6), чтобы начать сбор данных (т. е. отображение), **но следует учесть, что это действие не записывает данные в файл.** Эта функция запускает «пинги» профилировщика и дает убедиться, что система работает правильно до записи данных. При этом отображаются данные о глубине и скорости потока, необходимые для позиционирования судна в начальной точке трансекта, то есть, движения поперек реки;

б) Все индикаторы строки состояния, горящие зеленым цветом, свидетельствуют о том, что River Surveyor получает действительные данные от всех подключенных систем;

в) Переместить судно в начальную точку трансекта (обычно это у левого или правого берега реки);

г) Проверить количество действительных ячеек, которые использует система. В идеале должно быть не менее двух действительных ячеек для качественного измерения расхода по краям;

д) При измерении расхода воды, решающее значение для определения неизмеренных боковых площадей имеет расстояние до берега. Необходимо точно измерить расстояние от ADP до берега реки.

5. Запись данных.

а) Нажать «Запись» (или F7), начинается запись данных в файл, имя которого введено в табличном отображении данных профиля;

б) В диалоговом окне «Начальный край» необходимо выбрать стартовый берег (левый или правый) и ввести расстояние до берега. Выбор производится так: левый берег находится слева, если смотреть вниз по течению. Нужно нажать «Дополнительно», чтобы ввести любые дополнительные необходимые значения, например, форма берега;

в) Начать медленно перемещать судно с одного берега реки на другой, стараясь поддерживать относительно медленную и устойчивую скорость и направление, идет аккуратное измерение расхода воды;

г) Когда судно начнет приближаться к дальнему берегу реки, необходимо отследить количество действительных ячеек в последних нескольких профилях. Когда судно будет достаточно близко к берегу реки, и все еще есть две действительные ячейки, нужно остановить судно;

д) Точно измеряем расстояние от ADP до кромки дальнего берега реки.

е) **Снова нажать «Запись»** (или Alt+F7), чтобы остановить запись в файл данных. Будет предложено ввести расстояние от ADP до дальнего берега реки. Вводим значение из д) в диалоговое окно «Конечный край».

6. Остановка сбора данных.

Нажать «Стоп» (или F5). Теперь можно перейти к просмотру данных.

7. Анализ и обработка данных River Surveyor.

1. Запустить программу River Surveyor (Start|Programs|SonTek

Software|River Surveyor).

2. Чтобы открыть файл данных, надо:

- Нажать кнопку “**Open**” а затем найти и открыть нужный файл данных.

- Использовать “**File|Open**” (или Ctrl+O), а затем найти и открыть нужный файл данных.

- Необходимо набрать **File 1** (или **2**, или **3**, или **4**), чтобы открыть недавно использованный файл данных.

Примечание. При первом создании файла данных или перемещении файла в другую папку рекомендуется использовать описательную папку, а не папку по умолчанию c:\SonData.

Например: c:\SonData\RiverSurveyor\Vakhsh River\2025-03-05.

3. При открытии файла программа River Surveyor отобразит следующее:

- Имя файла и путь (в строке заголовка);
- Размер файла;
- Время начала и окончания набора данных;
- Количество профилей в наборе данных;
- Максимальное количество ячеек в профиле;
- Частота и серийный номер ADP;
- Типы данных интегрированного датчика;
- Комментарии пользователей, введенные во время установки.

4. Раздел «Загрузить профили» этого диалогового окна позволяет загрузить весь набор данных или определенную часть данных. Эта функция может быть полезна в ситуациях, когда вы можете захотеть удалить часть измерения или сосредоточиться на точной части набора данных (обычно это называется подразделением). Время профиля (справа от начального и конечного профиля). Поля «№» будут отражать любые изменения, которые вы вносите в выбранный диапазон профиля. Выберите один из следующих вариантов загрузки данных:

- Чтобы загрузить весь набор данных: убедитесь, что выбран параметр «Все профили», а затем нажмите «ОК».
- Чтобы загрузить часть набора данных – нажмите «Выбранные профили». Теперь введите диапазон профилей для загрузки с помощью полей «Начальный номер профиля» и «Номер конечного профиля». Нажмите ОК.

Примечание. Функция превышения

среднего значения недоступна в этом выпуске.

5. Файл данных теперь загрузится, и части экрана обновятся, чтобы отобразить информацию о файле.

По умолчанию программа перемотает запись вперед до конца набора данных. Это позволит вам быстро просмотреть большую часть (если не весь) набора данных. Для выписки измерений, общий расход по сечению будет отображаться как Total Q в разделе «Расход» табличного отображения данных.

6. Теперь мы готовы приступить к анализу данных.

8. Просмотр и анализ набора данных.

Когда мы анализируем или обрабатываем собранный набор данных, нам не надо беспокоиться об изменении наших данных. Это связано с тем, что **программа River Surveyor никогда не изменяет исходный набор данных, который был записан.** Таким образом, можно не стесняться манипулировать любыми настройками программы во время постобработки.

Подробная информация об отдельных функциях дана в следующих разделах компоновки экрана ноутбука основного информационного окна River Surveyor:

- Title Bar, Menu Bar, and Toolbars (Строка Заголовка, строка Меню и строка Панели инструментов);
- Tabular Data Displays (Табличные Отображения Данных);
- Status Bar and Indicators (Строка Состояния и Индикаторы);
- Track Window (Окно Трека);
- Data Quality Window (Окно Качества Данных);
- Contour Window (Окно Контура);
- Contour Legend (Легенда контура);
- Profile Window (Окно Профиля);
- Profile Legend (Легенда Профиля).

Рассмотрим подробно лишь один раздел - Tabular Data Displays (Табличные Отображения Данных), в котором производится отображение табличных данных

для ряда параметров. Каждое из значений параметра обновляется с каждым новым профилем. Можно показать или скрыть все табличные данные или изменить видимость каждой из следующих групп отображения данных:

- Profile Data - Данные профиля;
- Discharge Data - Данные расхода;
- Track Data - Отслеживание данных;
- Sensor Data - Данные датчика;
- Compass Rose - Роза компаса.

Мы уже упоминали, что одним из обязательных условий правильной работы прибора является операция Калибровки встроенного электронного компаса. Она проводится через диалоговое окно «User Setup» при установке параметров ADP. Согласно инструкции, при калибровке следует, вращая тримаран с установленной на нем измерительной головкой (с компасом внутри), сделать два полных оборота, примерно за две минуты, одновременно меняя углы крена и тангажа насколько это возможно (в пределах судна).

В специальном окошке появится сообщение, проведена ли калибровка «примемлемо». Если нет – операцию придется повторить. Для правильной работы компаса, обеспечивающей точные измерения скорости течения и расхода воды необхо-

димо также учесть магнитное склонение в месте проведения измерений. Значение этого параметра зависит от географических координат, берется из интернета и вводится в специальное окошко в диалоговом окошке.

Сводка измерений расхода (Discharge Measurement Summary).

Сводка измерений расхода представляет собой отформатированный отчет о ряде показателей измерений, выбранных пользователем. Сводка измерений расхода выполнена в формате, специфичном для каждой организации. Данные о расходе обрабатываются как на выезде, так и в офисе. В комплект программы River Surveyor включен ряд шаблонов сводки, которые являются лишь рекомендуемыми примерами и могут быть изменены пользователем.

Модификация SonTec River Surveyor ADP River Cat.

Основной проблемой использования исходной конструкции прибора стало возникновение турбулентности позади измерительной головки, если скорость потока превышала ~1 м/сек. Турбулентность (см. Рис. 4) настолько искажала сигналы прибора, что делала невозможными измерения



Рисунок 4. Турбулентность позади измерительной головки River Cat.

1. Необходимо было устранить завихрения потока, сделать это позволило введение третьего понтона-обтекателя (Рис. 5).

Заметим, что и фирма-производитель River Cat в дальнейшем перешла к выпуску тримаранов, независимо от нашего технического решения (Рис. 6), но преследуя те же цели.

Корпус нашего понтона-обтекателя склеен из двух пластин пенополистиро-

ла ПСБ-С 50. Размеры понтона: толщина 155 мм, ширина 310 мм, длина 830 мм. Края конструкции усилены алюминиевым уголком 20x20 мм, а носовая часть – фольгированным текстолитом толщиной 1 мм. Такое усиление конструкции – следствие опыта, когда на реке Вахш, в районе Нурекской ГЭС обтекатель предыдущей конструкции был накрыт волной, ударился о дно реки и обломился.



Рисунок 5. Тримаран нашей разработки.



Рисунок 6. Тримаран фирмы-производителя.

2. Чтобы исключить рыскание прибора, то есть колебания его ориентации относительно направления течения помимо двух штатных килей на корпусе прибора нами был изобретен еще и гидротормоз в виде сложенного вдвое полотнища из полиэтилена, привязанного сзади к среднему понтону тримарана, плывущим сзади на расстоянии ~2 метра.

3. Третье новшество, введенное нами при модернизации прибора – это организация скольжения на роликах по тросу,

натянutoму поперек течения потока, рамки, связанной с прибором. Такое соединение исключало броски судна вперед-назад при движении его поперек течения потока. Такие броски сильно искажали траекторию передвижения прибора и приводили к значительным ошибкам в измерениях. Понятно, что такой способ перемещения прибора поперек потока ограничен шириной потока до ~30 метров. С другой стороны, при буксировании прибора с мостов через реки, расстояния между бе-

регами настолько велики, что ошибки от движения судна вперед-назад становятся пренебрежительно малыми. На Рис. 7 по-

казаны все три усовершенствования, сделанные для улучшения работы прибора.



Рисунок 7. Ролики, понтон, гидротормоз.

О тактико-технических параметрах прибора.

Как упоминалось выше, основные технические данные прибора обусловлены, прежде всего, частотой используемой измерительной головки. В нашем случае это - 1500 кГц. Значит, диапазон профилирования (глубина) может изменяться от 0.9 до 25 метров. Минимальный размер «мертвой зоны» (BD) – 40 см. Размеры ячейки можно выбирать от 0.25 до 4.0 метров. А фиксированная глубина погружения измерительной головки, как правило, составляет 0.1 метр. В дальнейшем точность измерений определяется длиной пройденной прибором дистанции от берега к берегу, конфигурацией берегов (крутые, пологие или под 45 градусов) и глубиной русла. Очевидно, что точность измерений зависит от правильного выбора размера ячейки, диапазона профилирования и других параметров, задаваемых

оператором. То есть, требуется довольно высокая квалификация и наработанный опыт оператора при работе с прибором. Программой обработки данных также предусмотрено досчитывать, то есть, добавлять к общему расходу воды рассчитанные данные расхода за счет толщины уровня воды над датчиком, в мертвой зоне (непосредственно под головкой) в придонной зоне и вблизи берегов.

Приведем некоторые данные, полученные авторами после модернизации при натурных испытаниях профилемера/расходомера SonTec River Surveyor ADP на Душанбинском водоканале (12-й км Варзобского шоссе). Усредненные по 12 измерениям, данные показали:

1. Суммарный расход в сечении водоканала (Total Q) 12.6 ± 0.1 куб. м/сек.
2. Средняя скорость воды в потоке (Mean Velocity) – 1.4 ± 0.1 м/сек.
3. Ширина канала – 6.0 ± 0.1 м.

4. Скорость пересечения канала судном (Boat Speed) – 0.06 ± 0.01 м/сек.

5. Средняя глубина в сечении (Mean Depth) – 1.5 ± 0.1 м.

6. Максимальная глубина в сечении (Maximum Depth) – 1.9 ± 0.1 м.

Хотя при полевых испытаниях в наши задачи не входило сравнение точности наших измерений с точностью существующих средств замеров стока воды в местных реках, все же можно сослаться на пример такой оценки, данной в [10] при описании динамики стока реки Варзоб. Сравнение показало, что точность наших измерений совпала с точностью, указанной в источнике.

Выводы

В статье описан акустический доплеровский профилемер/расходомер River Surveyor ADP фирмы SonTec (США), который используется для точного и оперативного измерения расхода воды в потоках рек и водоемов Таджикистана. Изложены конструктивные особенности прибора, принцип работы, программа управления и обработки полученных данных. Во второй части статьи описаны три конструктивных новшества, которые было необходимо ввести, чтобы приспособить прибор к условиям водоемов и рек Таджикистана. Это - 1) введение третьего понтона–обтекателя для устранения турбулентности потока вокруг измерительной головки; 2) использование гидротормоза для стабилизации прибора вдоль потока; 3) устранение рывков судна вперед-назад за счет перемещения судна поперек потока на роликовых тягах вдоль натянутого стального троса. Приведены также численные результаты натурных испытаний модифицированного прибора на Душанбинском водоканале, которые по точности не уступают существующим на сегодняшний день измерениям водостока. В заключение авторы выражают

благодарность д.т.н. Гулахмадову А.А., зам. директора Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ за сделанные им замечания и дополнения, которые были учтены и значительно улучшили подаваемый материал.

Литература

1. Амирзода О.Х., Хаклод М.М. Душанбинский водный процесс – важный механизм реализации глобальных водных инициатив Таджикистана / Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, 2024, Душанбе, Т.4, №2, С. 6–13.
2. Джурраев А.А., Азимов Ш.Ш., Петухов В.Н., Рустамбеков Г.Д. Применение акустического доплеровского профилемера/расходомера Sontek ADP для мониторинга водных ресурсов Таджикистана. / Известия АН РТ, 2010, №2 (139), С. 41-49.
3. Flener C., Wang Y., Laamanen L. et al. Empirical Modeling of Spatial 3D Flow Characteristics Using a Remote-Controlled ADCP System: Monitoring a Spring Flood. *Water*, 2015, № 7, pp. 217-247.
4. Sečnik M., Brilly M., Vidmar A. Development and use of a remotely controlled boat “HI 3”. *Open Access Journal “Acta hydrotechnica”*, 2015, Vol. 28, No. 49, pp. 149-161, Ljubljana.
5. Legleiter C.J., Tedesco M., Smith L.C. et al. Mapping the bathymetry of supraglacial lakes and streams on the Greenland ice sheet using field measurements and high-resolution satellite images. *The Cryosphere*, 2014, № 8, pp. 215–228.
6. Гоба Т.Д., Кошоева Б.Б., Михеева Н.И. Методика определения расхода воды природных объектов в автоматизированных системах контроля. Статья по специальности «Строительство и архитектура». <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-opredeleniya-rashodavody-prirodnih-obektov-v-avtomatizirovannyh-sistemah-kontrolya>. С.1-8.
7. River Surveyor System Manual Software Version 4.30/ SonTek/YSI, Inc., 2005, 190 p.
8. Acoustic Doppler Profiler Technical Documentation / SonTek/YSI, 2000, 186 p.
9. Son Utils User Guide Version 4.00/ SonTek/YSI, Inc., 2006, 142 p.
10. Ниязов Дж.Б., Мирзохонова С.О. Динамика стока реки Варзоб в условиях глобального изменения климата. / Известия АН РТ, 2020, №2 (179), С. 114-122.

ТАКМИЛИ ТАРҶИ ПРОФИЛЕРИ АКУСТИКИИ ДОПЛЕРИ ҲИСОБКУНАКИ ҶАРАЁНИ ОБ SONTEK RIVER SURVEYOR ADP БАРОИ ИСТИФОДА ДАР ДАРЁҶОИ ТОҶИКИСТОН

Азимов Ш.Ш.^{1,*}, Петухов В.Н.¹, Хасанов Т.А.¹, Абдушукуров Д.А.²

¹Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умаров Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

²Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

*Муаллифи масъул. E-mail: sazimov@tajik.net

Шарҳи мухтасар. Дар мақола маълумот оид ба профилери акустикии доплери ҳисобкунаки ҷараёни об SonTEC River Surveyor ADP (ИМА) оварда шудааст. Дар он принципи кори дастгоҳ, идоракунии барномави он тасвир шудааст. Тарҳи муаллифии дастгоҳ ба шароити обанборҳо ва дарёҳои Тоҷикистон ки бо суръати ҷараёни об хос аст, мутобиқ мебошад. Аввалин тадқиқоти санҷишӣ дар идораи обрасони Душанбе (километри 13-уми шоҳроҳи Варзоб) гузаронида шудаанд. Минбаъд дастгоҳ дар дарёҳои Сирдарё, Вахш ва Варзоб озмуда шуд.

Калидвожаҳо: суръат ва ҷараёни об, профили қабати обанбор, эффекти Доплер, кашиши кабел, фэйтинг, катамаран, тримаран, тормози гидравликӣ.

MODIFICATION OF THE ACOUSTIC DOPPLER PROFILER/ FLOWMETER SONTEK RIVER SURVEYOR ADP TAKEN INTO ACCOUNT THE SPECIFICS OF WATER RESOURCES OF TAJIKISTAN

Azimov Sh.Sh.^{1,*}, Petukhov V.N.¹, Hasanov T.A.¹, Abdushukurov D.A.²

¹S.U. Umarov Physical-technical Institute of the National Academy of Sciences of Tajikistan

²Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan

*Corresponding author. E-mail: sazimov@tajik.net

Abstract. The article provides information about the acoustic Doppler profiler/flowmeter ADP SonTec (USA). It describes the device's operating principle, design, and control software. The authors' design modification adapted the instrument to the conditions of Tajikistan's reservoirs and rivers, which are characterized by increased flow velocity. Initial tests of the modified device were conducted at the Dushanbe water utility (13th kilometer of the Varzob highway). The device was subsequently tested on the Syr Darya, Vakhsh and Varzob rivers.

Keywords: speed and water flow, reservoir bed profile, Doppler effect, cable tractions, fairing, catamaran, trimaran, hydraulic brake.

Маълумот оид ба муаллифон. Азимов Шавкат Шукурович – номзоди илмҳои физикаю математика, Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умаров АМИТ, мудири лабораторияи акустикаи физикӣ, Тел.: (+992) 91 867 6995, E-mail: sazimov@tajik.net; Петухов Владислав Николаевич - Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умаров АМИТ, ходими калони илмии лабораторияи акустикаи физикӣ, Тел.: (+992) 90 010 0090, E-mail: feofan7o@gmail.com; Хасанов Тимур Абдурахимович - Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умаров АМИТ, ходими калони илмии лабораторияи акустикаи физикӣ, Тел.: (+992) 91 862 7001, E-mail: thass@mail.ru; Абдушукуров Ҷамшед Алиевич – номзоди илмҳои физикаю математика, Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ ходими пешбари илмӣ, Тел.: (+992) 00 088 9705, E-mail: abdushukurov.dj@gmail.com.

Сведения об авторах. Азимов Шавкат Шукурович – кандидат физико-математических наук, Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАНТ, заведующий лабораторией физической акустики, Тел.: (+992) 91 867 6995, E-mail: sazimov@tajik.net; Петухов Владислав Николаевич, Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАНТ, старший научный сотрудник лаборатории физической акустики, Тел.: (+992) 90 010 0090, E-mail: feofan7o@gmail.com, Хасанов Тимур Абдурахимович, Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАНТ, старший научный сотрудник лаборатории физической акустики, тел.: (+992) 91 862 7001, E-mail: thass@mail.ru, Абдушукуров Джемшед Алиевич – кандидат физико-ма-

тематических наук, Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, ведущий научный сотрудник, Тел.: (+992) 00 088 9705, E-mail: abdushukurov.dj@gmail.com.

Information about the authors. Azimov Shavkat Shukurovich - candidate of physical and mathematical sciences, - S.U. Umarov Physical-technical Institute of NAST, head of the laboratory of the physical acoustic, Tel.: (+992) 91 867 6995, E-mail: sazimov@tajik.net; Petukhov Vladislav Nikolaevich - S.U. Umarov Physical-technical Institute of NAST, senior researcher of the laboratory of the physical acoustic, Tel.: (+992) 90 010 0090, E-mail: feofan7o@gmail.com; Hasanov Timur Abdurakhimovich - S.U. Umarov Physical-technical Institute of NAST, senior researcher of laboratory of the physical acoustic, Tel.: (+992) 91 862 7001, E-mail: thass@mail.ru; Abdushukurov Djamshed Alievich - candidate of physical and mathematical sciences, - Institute of water problems, hydropower and ecology NAST, lead researcher, Tel.:(+992) 00 088 9705, E-mail: abdushukurov.dj@gmail.com.

УДК: 621.22

ОБЗОР ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА СТРАН ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Иноятова К.Л.¹, Гулахмадов А.А.^{1*}, Холназаров М.Б.²

¹Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана

²Таджикский национальный университет

*Автор-корреспондент. E-mail: agulakhmadov@gmail.com

Аннотация. В статье приводится ряд возможностей для строительства комплекса гидроэнергетических сооружений, в том числе гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС). Оценивается гидроэнергетическая возможность по проектированию ГАЭС/ГАЭС в гидроэнергетических комплексах водохозяйственных систем в условиях стран Центральной Азии. Также приведены данные по обзору гидроэнергетического потенциала и технические возможности его использования. Выявлено, что гидропотенциал для строительства больших ГАЭС/ГАЭС существует у таких стран как Таджикистан и Кыргызстан. А для стран низовья рек Амударья и Сырдарья приемлемо строительство малых ГАЭС и широкое применение ВИЭ.

Ключевые слова: гидроэнергетические сооружения, гидроаккумулирующая электростанция, гидропотенциал ЦА, Амударья, Сырдарья.

Введение

В настоящее время одной из важных задач современности является комплексное и рациональное использование земельных и водных ресурсов. Особо актуальна проблема водоснабжения и распределения водных ресурсов с развитием всех отраслей промышленности и быта. Согласно последним отчётам, в мире проживает 7,6 миллиарда человек и эта цифра из года в год постоянно растёт. Этот рост населения повышается вместе с тенденциями расширения урбанизации (более 54%), что приводит к быстрой индустриализации, особенно в неразвитых регионах, где более высокие потребности в энергии. В свою очередь данная проблема требует своевременного решения. На сегодняшнее время широко используется получение энергии, в частности электроэнергии благодаря возобновляемым источникам энергии (солнечная энергия, энергия водных ресурсов, ветровая энергия и многое другое), которая нашла широкое применение в совокупности комплексного применения. Выработка энергии на основе природных ресурсов таких, как уголь, нефть или газ признаны

нерациональными, также являются неотъемлемой частью работоспособности других отраслей промышленности и жизнедеятельности человечества. В 21-м веке с быстрым темпом развития, индустриализации и урбанизации основной задачей является получение и обеспечение бесперебойной подачи электроэнергии, с применением высокотехнологичных систем, технологий и оборудования, оказывая минимально возможное воздействие на местную флору и фауну. Таким образом, использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) с технологиями 21-го века, является важнейшим вопросом для обсуждения, и требующего своевременного решения [1,2].

Гидроэнергетика общеизвестна как один из старейших способов сбора энергии природы и её дальнейшей капитализации. Гидроэнергетика - область хозяйственно-экономической деятельности человека, совокупность больших естественных и искусственных подсистем, служащих для преобразования энергии водного потока в электрическую энергию. Преимуществами гидроэнергетики является использование возобновляе-

мой энергии природы, получая при этом очень дешёвую электроэнергию. Работа гидроэнергетических сооружений не сопровождается вредными выбросами в атмосферу и быстро (относительно ТЭЦ/ТЭС) выходят на режим выдачи рабочей мощности после включения станции (легко регулируются).

Более того, 71% поверхности Земли покрыто водой. Энергия воды, в основном, является преобразованной солнечной энергией. Из общей солнечной энергии, поставляемой Солнцем на Землю, она составляет всего 4%. Однако, технически осуществимое преобразование энергии воды в электроэнергию по сравнению с прямым преобразованием энергии го-

раздо более эффективно, что делает этот источник энергии очень интересным для массового применения.

Впервые для выработки электричества гидроэнергию использовал в 1878 году англичанин Уильям Армстронг для питания единственной электродуговой лампы в своей художественной галерее. Первая электростанция была запущена в 1882 году на Фокс-Ривер в городе Эплтон, штат Висконсин, США. Общая выработка гидроэлектроэнергии за последние 5 лет оценивается в 4102 ТВтч, что является наибольшим вкладом, когда-либо полученным из возобновляемых источников энергии.

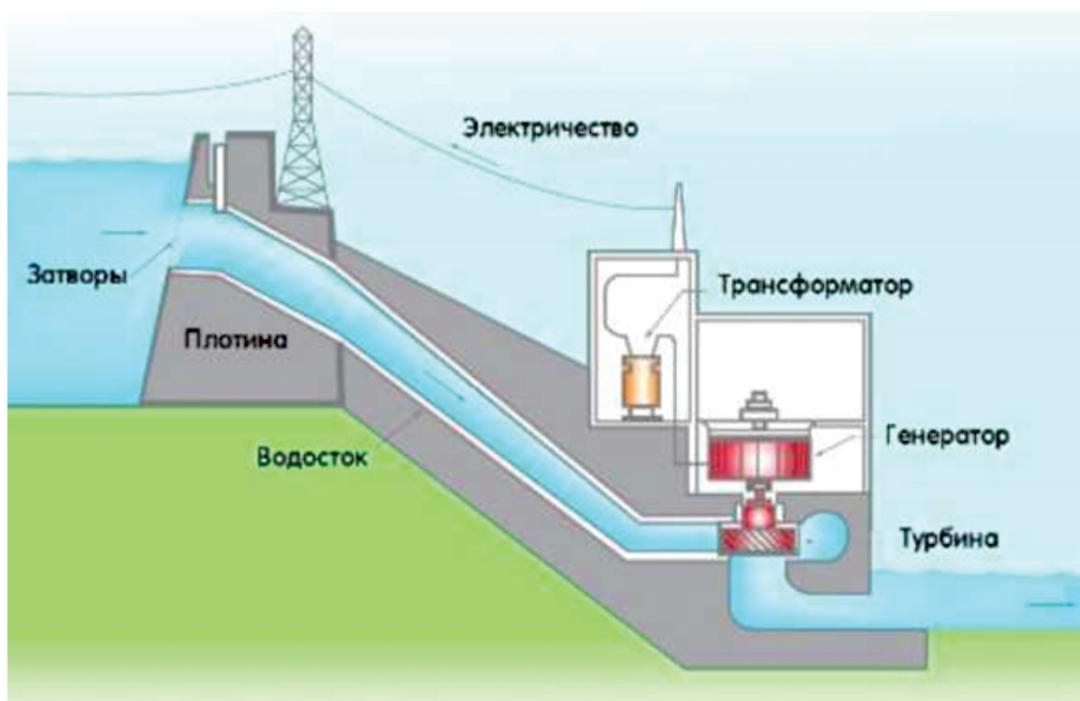


Рисунок 1. Состав сооружений гидроэлектростанций.

По оценкам было введено в эксплуатацию 31,5 ГВт гидроэнергетических мощностей, включая гидроаккумулирующие, в результате чего общая установленная мощность в мире достигла 1246 ГВт. 6,4 ГВт мощности гидроаккумулирующих электростанций были введены в эксплуатацию, что почти вдвое превышает объём, установленный в 2015 году. Как

зрелая технология, гидроэнергетика обеспечивает 16,4% мирового производства электроэнергии. Что касается аккумулирования энергии, гидроэнергетика (включая гидроаккумулирующие электростанции, ГАЭС) составляет от 96 до 99% всего мирового эксплуатируемого хранилища электроэнергии с установленной мощностью более 162,2 ГВт [3,4].

ГАЭС использует в своей работе либо комплекс генераторов и насосов, либо обратимые гидроэлектроагрегаты, которые способны работать как в режиме генераторов, так и в режиме насосов. Во время ночного провала энергопотребления ГАЭС получает из энергосети дешёвую электроэнергию и расходует её на перекачку воды в верхний бьеф (насосный режим). Во время утреннего и вечернего пиков энергопотребления ГАЭС сбрасывает воду из верхнего бьефа в нижний, вырабатывает при этом дорогую пиковую электроэнергию, которую отдаёт в энергосеть (генераторный режим).

Гидропотенциал стран Центральной Азии

Страны Центральной Азии обладают значительным технически эксплуатируемым гидроэнергетическим потенциалом, оцениваемым в 510,1 ТВтч/год, из которых используется менее 10%. Гидроэнергетический потенциал региона значительно варьируется от страны к стране, в зависимости от наличия водных ресурсов. Обширные засушливые и полусушливые равнины в Казахстане, Узбекистане и Туркменистане обладают минимальным гидроэнергетическим потенциалом или вообще не имеют его. Горные регионы востока и юго-востока Центральной Азии, включая Таджикистан (61,1% от общего потенциала), Кыргызстан (19,4%) и частично Казахстан (12,1%), характеризуются большим запасом воды обильных осадков. В Кыргызстане и Таджикистане более 90% вырабатываемой электроэнергии обеспечивается гидроэлектростанциями. Таджикистан занимает восьмое место по гидроэнергетическому потенциалу в мире. Сейчас используется лишь 4-5% гидроэнергетического потенциала [5,6].

Евразийский банк развития (ЕАБР) в рамках проекта водно-энергетического комплекса Центральной Азии работает над решением проблем эффективного использования водных ресурсов и опти-

мального развития производства электроэнергии региона. Также следует обратить особое внимание на растущую роль гидроэнергетики, особенно в развивающихся странах. Во-первых, ГЭС требуют значительных капиталовложений, но они предлагают чрезвычайно низкие эксплуатационные расходы и длительный срок эксплуатации - 40-50 лет, который часто может быть продлён до 100 лет при некоторой реконструкции. Результатом являются чрезвычайно конкурентоспособные производственные затраты на электроэнергию. Во-вторых, гидроэнергетика снижает зависимость от импортного топлива, которое сопряжено с рисками волатильности цен, неопределённости поставок и требований к иностранной валюте. В-третьих, гидросистемы могут предложить множество сопутствующих преимуществ, включая хранение питьевой воды и водных ресурсов для орошения, обеспечение готовности к засухе, защиту от наводнений, аквакультуру и возможности для отдыха, среди прочего [7].

Именно с гидроэнергетикой и водоснабжением связаны серьёзные инфраструктурные проблемы в регионе Центральной Азии на сегодняшнее время. Водные ресурсы Центральной Азии включают в себя четыре бассейна: Каспийского моря, реки Обь, озера Балхаш и Аральского моря. Первые три бассейна находятся в Казахстане, а четвёртый простирается на территории всех стран региона. Они обладают такими гидрографическими особенностями, как:

а) неравномерность распределения водных запасов. В основном они сосредоточены в Таджикистане и Кыргызстане. Туркмени и Узбекистан обладают весьма скудными запасами воды;

б) в регионе много трансграничных рек, пересекающих несколько государств (Амударья, Сырдарья, Чу, Талас, Или, Тарим и Иртыш).

С точки зрения распределения гидро-ресурсов все пять стран Центральной Азии можно разделить на две группы:

а) страны с недостаточными гидро-ресурсами - Казахстан, Узбекистан, Туркмения. Они заинтересованы в использовании стоков рек в оросительном режиме;

б) страны, богатые водными ресурсами - Кыргызстан и Таджикистан. Они в большей степени заинтересованы в гидротехническом использовании рек.

Рациональное и взаимовыгодное использование водно-энергетических ресурсов стран Центральной Азии, включая развитие инфраструктурных связей, может быть достигнуто при наличии согласованной водно-энергетической стратегии. Стратегическое положение региона также позволяет ему стать центром для торговли электроэнергией между Восточной Азией и Европой. Это особенно актуально с учётом общих границ с такими странами Южной Азии с быстрорастущим спросом на электроэнергию, как Афганистан и Пакистан.

Последние тенденции в регионе обнадеживают и позволяют предположить, что улучшение геополитических условий расширит возможности для реализации существенных экономических выгод от торговли электроэнергией. По мере усиления связности и синхронизации региональной сети и изыскания возможностей для торговли электроэнергией страны Центральной Азии могут также рассмотреть вопрос о создании секретариата по региональной энергетической кооперации с участием высокопоставленных представителей министерств энергетики стран региона, на который будет возложена задача по продвижению региональной энергетической повестки для Центральной Азии.

Национальная гидрологическая стратегия развития стран Центральной Азии

Центральная Азия активно движется к устойчивому будущему, интегрируя воз-

обновляемые источники энергии в свои национальные энергетические стратегии. Страны региона предпринимают планомерные шаги для увеличения доли зелёной энергии, чтобы удовлетворить внутренние потребности и экспортные амбиции, поскольку потребности и запросы растут внутри региона повсеместно, а ресурсы, как всем известно, исчерпаемы.

Казахстан: Лидер по возобновляемой энергии. Казахстан активно развивает свою ветровую и солнечную энергетику. В первой половине 2024 года страна произвела 3.896 млрд кВт.ч электроэнергии из возобновляемых источников, что на 16% больше по сравнению с тем же периодом прошлого года. Основную долю зелёной энергии составили ветряные электростанции (2,325 млрд кВт.ч), солнечные электростанции (974,9 млн кВт.ч) и гидроэлектростанции (595,36 млн кВт.ч). Однако Казахстан также рассматривает возможность строительства атомной электростанции, которая могла бы обеспечить внутренние потребности страны. Климатические и географические условия Казахстана с его обширными продуваемыми ветрами степями создают благоприятные условия для развития ветроэнергетических установок. По данным Министерства энергетики, энергетический потенциал в стране составляет не менее 920 млрд кВт.ч в год [8,9].

Узбекистан: Новые горизонты для зелёной энергии. Узбекистан активно привлекает международные инвестиции для развития зелёной энергетики. В 2024 году в стране были запущены несколько крупных проектов совместно с международными партнерами, такими как PowerChina и саудовской компанией ACWA Power. Страна строит первую в стране установку по производству зелёного водорода.

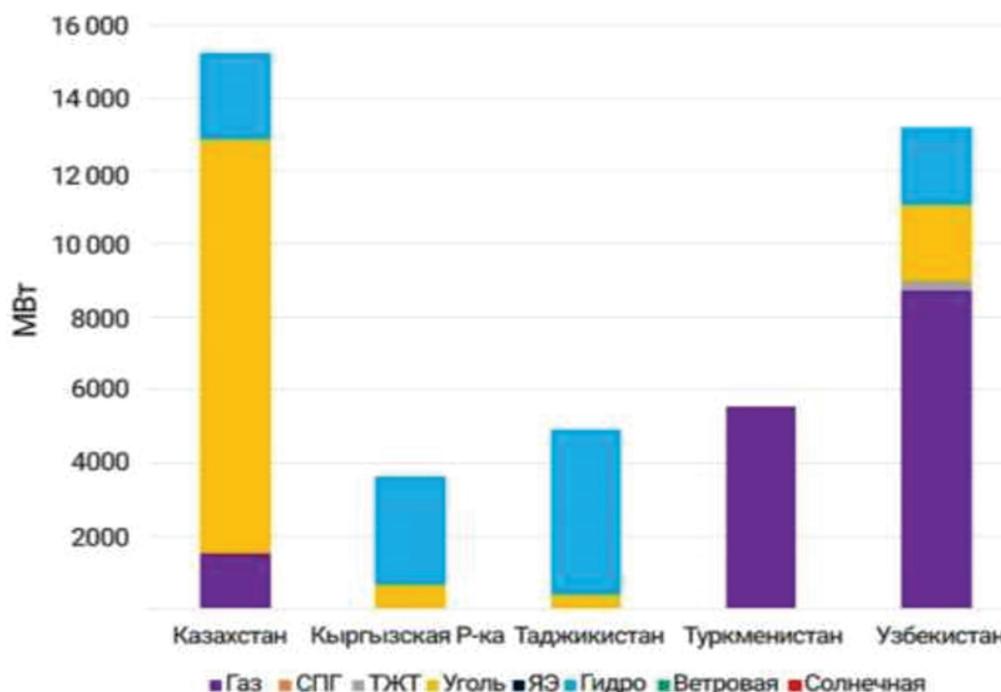


Рисунок 2. Структура генерации электроэнергии в ЦА.

В результате реформ в сфере «зелёной» энергетики, к настоящему времени в Узбекистане введены в эксплуатацию 10 солнечных и ветровых электростанций общей мощностью 2,4 гигаватта. В первом полугодии 2024 года благодаря этим электростанциям в стране произведено 1,6 млрд киловатт «зелёной» энергии, в результате чего удалось сэкономить полмиллиарда кубометров газа.

Кыргызстан и Таджикистан: Растущие страны. Кыргызстан и Таджикистан обладают значительным потенциалом в области гидроэнергетики. Обзоры запасов минеральных залежей, содержащих РЗЭ, и разграничение областей интереса показывают, что эти страны могут быть домом для значительных неразведанных ресурсов, что ещё больше увеличит их вклад в переход к зелёной энергетике.

В Кыргызстане гидроэлектростанции составляют более 90% от общего объёма производства электроэнергии. Таджикистан также активно развивает гидроэнергетику и предпринимает шаги для увеличения использования возобновляемых источников энергии.

Одновременно с выработкой электроэнергии гидроэнергетика Таджикистана параллельно решает и другую проблему - регулирование речного стока для ирригации, причём, для всего региона Центральной Азии в целом. Уже сегодня Таджикистан за счёт Кайраккумского водохранилища практически полностью обеспечивает сезонное регулирование стока реки Сырдарья в интересах Узбекистана и Казахстана. В бассейне реки Амударья такие же функции обеспечивает Нурекское водохранилище. По общим потенциальным запасам гидроэнергоресурсов Таджикистан занимает восьмое место в мире после Китая, России, США, Бразилии, Заира, Индии и Канады. Что же касается удельных показателей, то по гидроэнергopotенциалу на душу населения (87,8 тыс.кВт.ч.в год/чел.) он занимает второе место, а по потенциальным запасам гидроэнергии на один квадратный километр территории (3682,7 тыс. кВт.ч. в год/км²) первое место в мире, намного опережая другие страны[10].

Таблица 1. Потенциальные запасы гидроэнергоресурсов РТ.

Бассейны рек	Среднегодовая мощность, мВт.ч	Среднегодовая энергия, млрд кВт.ч/год	Доля в общем объеме, %
Пяндж	17900	86.30	57.4
Зарафшан	1635	8.74	5.8
Каферниган	1600	5.10	3.4
Вахш	9225	33.65	22.4
Сурхоб	2100	8.70	5.8
Оби Хингоу	2610	7.76	5.2
Итого	35070	150.25	100.0

Источник: Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан

Туркменистан: Потенциал развития. Туркменистан активно инвестирует в солнечные и ветровые проекты, также подписав обязательства по сокращению выбросов метана в рамках Глобального обязательства по реализации метана, демонстрируя приверженность устойчивому развитию.

Обзор текущего водно-энергетического состояния стран Центральной Азии

Энергетические ресурсы распределены в Центральной Азии неравномерно и каждая страна использует свои естественные преимущества. В странах, обладающих значительными нефтегазовыми и угольными ресурсами (Казахстан, Туркменистан и Узбекистан), основной объем электроэнергии производится на тепловых электростанциях.

Таблица 2. Суммарный формируемый естественный речной сток в бассейне Аральского моря (среднегодовой сток, км³ в год).

Страны	Речной бассейн		Бассейн Аральского моря	
	Сырдарья	Амударья	км ³	%
Казахстан	2.516	-	2.516	2.2
Кыргызстан	27.542	1.654	29.196	25.2
Таджикистан	1.005	58.732	59.737	51.5
Туркменистан	-	1.405	1.405	1.2
Узбекистан	5.562	6.791	12.353	10.6
Афганистан и Иран	-	10.814	10.814	9.3
Всего	36.625	79.396	116.021	100

Источник: НИЦ МКВК

В Кыргызстане и Таджикистане - горных странах с высоким гидроэнергетическим потенциалом - значительную долю вырабатываемой электроэнергии обеспечивают гидроэлектростанции (более 90%). Центральная Азия обладает большими запасами урана, что позволяет Казахстану и Узбекистану занимать ведущие

позиции в мире по объемам его производства. В настоящее время в регионе еще нет действующих АЭС. Узбекистан осуществляет реализацию проекта первой в регионе АЭС с вводом в эксплуатацию в 2028 г.

По мере ускорения экономического развития потенциал генерации электро-

энергии в регионе ЦА значительно усилился. В результате объём генерирующих мощностей на конец 2020 г. увеличился на 27,7% по сравнению с 1992 г. (или на 11,7 ГВт) и составил 53,8 ГВт (0,7% мировых мощностей, что, тем не менее, практически в два раза меньше показателя 1,5% за 1992 г.). По объёмам прироста генери-

рующих мощностей Казахстан, Таджикистан и Узбекистан стали лидерами в регионе. Благодаря высокой инвестиционной активности в энергосекторе прирост мощностей за период 1992–2020 гг. в этих странах составил, соответственно, 4,5 ГВт.

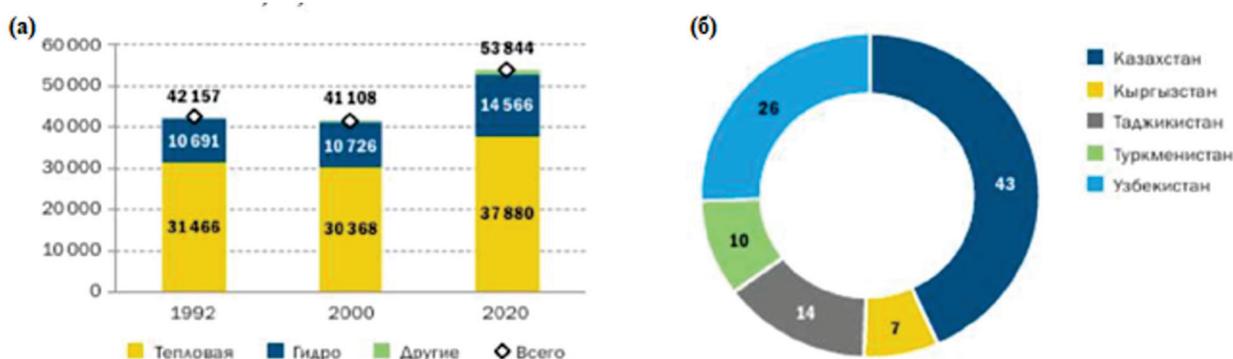


Рисунок 3. (а) Установленные мощности в ЦА, МВт, (б) Структура установленных мощностей в ЦА в 2020 г., %.

В Кыргызстане и Таджикистане, в силу географической специфики и значительного потенциала гидроэлектроэнергии, тепловые электростанции не получили должного развития. В энергетической структуре этих государств генерирующих мощностей на долю этих станций приходится соответственно 19,2% (0,7 ГВт) и 8,4% (0,7 ГВт) в 2020 г. Гидроэлектростанции (ГЭС) обеспечили 15,8 ГВт (или 29,3% производственных мощностей) Центральной Азии на конец 2020 г. В региональной структуре мощностей ГЭС в большей степени сконцентрированы в Таджикистане (44,7% ГЭС региона) и Кыргызстане (19,6%). В этих странах ГЭС обеспечивают 92,7% и 91,8% совокупного объёма выработанной электроэнергии. С 1992 по 2020 г. обе страны увеличили объёмы генерирующих мощностей ГЭС. В Таджикистане за этот период мощности возросли на 74,1% - с 4 до 7 ГВт. Среди крупнейших проектов, реализованных в этот период, - запуск Сангтудинской ГЭС-1, Сангтудинской ГЭС-2, а также

двух агрегатов Рогунской ГЭС. Кыргызстан проявлял активность в первые десять лет независимости, но затем в течение длительного периода, вплоть до 2020 г., объёмы мощностей ГЭС практически не менялись. Единственный крупный реализованный проект - ввод нового агрегата 120 МВт на Камбаратинской ГЭС-2 в 2010 г. На данный момент реализуются проекты модернизации Токтогульской и Уч-Курганской ГЭС. Центральная Азия в целом обладает большим потенциалом развития и производства электроэнергии из ВИЭ. Регион ЦА нуждается в дополнительном увеличении объёмов выработки электроэнергии (через увеличение генерирующих мощностей и модернизацию существующих), в оптимизации энергопотребления и обеспечении транспортировки новых объёмов электроэнергии до потребителей, а также в выходе на новые рынки (через строительство новых электротрасс). В контексте текущих климатических изменений в регионе ожидаются сокращение ледникового питания,

а также перемены в уровне обеспечения водными ресурсами потребностей эконо-

мик стран ЦА (Ясинский, Мироненков, Сарсембеков, 2012).

Таблица 3. Ресурсный потенциал энергетики стран ЦА.

	Казахстан		Кыр- гыстан		Таджи- кистан		Турк- менистан		Узбе- кистан		ЦА	
	2000	2020	2000	2020	2000	2020	2000	2020	2000	2020	2000	2020
Уголь млрд тонн	34.1	34.1	1.34	1.27	0.67	1.0	н.д	н.д	2	2	38.11	38.37
Нефть млн тонн	2760	2760	11.5	1.2	5.4	10	75	75	350	350	3261.9	3205.2
Газ млрд м ³	1841	1841	6.54	6.2	9.2	10	2860	2860	2000	2000	6716.74	671.2
Уран тыс.тонн	601	601	н.д	н.д	н.д	н.д	н.д	н.д	83.7	83.7	684.7	684.7
Гидро, млрд кВт.ч/год	27	27	52	99	317	317	2	2	15	15	413	460
НВИЭ, включая МГЭС, млрд кВт.ч/год	66	66	н.д	н.д	18.4	18.4	н.д	н.д	н.д	н.д	84.4	84.4

Источник: составлено по данным ООН, национальных ведомств

Для решения вопросов энергоснабжения все страны планируют использовать сложившиеся преимущества и активно наращивать потенциал в первую очередь традиционных для страны генерирующих мощностей в средне- и долгосрочной перспективе. В связи с изменением климата и загрязнением окружающей среды в регионе всё же усилилось значение «зелёной» энергетики: практически во всех странах были разработаны меры политики и законы, касающиеся развития возобновляемых источников энергии.

Кыргызстан стал также первой страной в Центральной Азии, которая приняла рамочный закон о возобновляемых источниках энергии, содержащий общие принципы регулирования ВИЭ. На данный момент на стадии обсуждения находится «Концепция развития топливно-энергетического комплекса Кыргызской Республики до 2040 г.». Концепция предполагает создание резерва установленных мощностей в энергосистеме выше

кризисных пороговых значений, для чего потребуются поэтапная реализация ряда проектов по сооружению перспективных ГЭС, ТЭС и энергоустановок ВИЭ. С учётом сильного износа оборудования предполагается реабилитация и реконструкция существующих мощностей. В концепции прорабатывается возможность увеличения объёмов производства электроэнергии в два раза - до 34,6 ТВтч к 2040 г. В структуре перспективных проектов в энергетике Кыргызстана практически все проекты связаны с реализацией потенциала гидроэлектроэнергии и развитием ГАЭС. Так, на данный момент в Кыргызстане рассматривается девять крупных проектов по развитию генерирующих мощностей (восемь ГЭС и одна ТЭС) и 63 небольших проекта малых ГЭС на общую сумму 12 568,9 млн долл. Крупнейшим перспективным проектом в Кыргызстане и ЦА является строительство Камбаратинской ГЭС-1 мощностью 1,9 ГВт и стоимостью 2,9 млрд долл., которая

будет иметь стратегическое значение для всего водно-энергетического комплекса региона. Предполагается, что помимо решения вопросов энергетической безопасности Кыргызстана, проект позволит обеспечить переход к сбалансированному режиму использования водно-энергетических ресурсов Нарын-Сырдарьинского

бассейна. Строительство плотины Камбаратинской ГЭС-1 - третьей по высоте в СНГ после строящейся Рогунской ГЭС и Нурекской ГЭС в Таджикистане - будет реализовано на реке Нарын, на 14 км выше уже построенной Камбаратинской ГЭС-2 (см. рисунок 4).



Рисунок 4. Каскад ГЭС на реке Нарын.

Камбаратинская ГЭС-1 является частью гидроэнергетического комплекса, проект которого был разработан Среднеазиатским отделением института «Гидропроект» (Ташкент) в начале 1980-х гг. В 1982 г. было составлено технико-экономическое обоснование проекта, в 1988 г. была утверждена проектная документация. В Таджикистане энергетический сектор является важнейшим компонентом реализации Стратегии развития Таджикистана до 2030 г., а также инвестиционной Программы реабилитации производственной базы и внедрения новых технологий. В секторе реализуются организационные и технические мероприятия, в том числе реформирование структуры управления энергосистемы с разделением по видам деятельности, повышение генерирующего потенциала, предусматривающего строительство новых и модернизацию действующих генерирующих станций; развитие

транспортной инфраструктуры энергосистемы; повышение энергоэффективности с использованием современных автоматизированных систем диспетчерского управления и учёта энергии. Закон об использовании возобновляемых источников энергии регулирует деятельность в области ВИЭ. Согласно Стратегии развития Таджикистана до 2030 г., в области гидроэнергетики будут завершены реформы, направленные на обеспечение условий для функционирования рыночных механизмов, которые создадут конкурентную среду. Некоторые малые ГЭС бездействуют из-за нехватки воды: летом она разбирается на орошение, в зимнее время отсутствует необходимый сток. Массовое строительство малых ГЭС, как показывает опыт Таджикистана, экономически нецелесообразно и малоэффективно. Их можно строить в труднодоступных небольших населённых пунктах или

туристических местах отдыха, удалённых от основных линий электропередачи. В энергетике Таджикистана, как и в случае Кыргызстана, практически все перспективные проекты связаны с реализацией потенциала гидроэлектроэнергии и развитием ГЭС. Таджикистан находится на восьмом месте по величине гидроэнергетического потенциала в мире. В настоящее время гидроэнергетический потенциал задействован лишь на 4-5%. Новые проекты и направлены на устранение дисбаланса избыточного энергоснабжения в летние месяцы и дефицита энергии зимой.

В Узбекистане в соответствии с постановлением Президента Республики Узбекистан от 27.03.2019 № ПП-4249 «О стратегии дальнейшего развития и реформирования электроэнергетической отрасли Республики Узбекистан» в энергетическом секторе были реализованы масштабные реформы. Приняты документы, нацеленные на внедрение энергосберегающих технологий, развитие возобновляемых источников энергии, привлечение прямых иностранных инвестиций в энергетическую отрасль и расширение использования альтернативных топливно-энергетических ресурсов. В мае 2019 г. одобрен закон об использовании возобновляемых источников энергии, предоставляющий налоговые льготы производителям электроэнергии из ВИЭ. В соответствии с «Концепцией обеспечения Республики Узбекистан электрической энергией на 2020- 2030 гг.» тепловая энергетика продолжает оставаться основным источником генерации электрической энергии республики. Предполагается её развитие с применением энергоэффективных технологий. В период 2020-2030 гг. будет уделено особое внимание развитию генерации на основе ВИЭ, особенно солнечной энергии. Предусмотрено строительство 3 ГВт ветровых и 5 ГВт солнечных электростанций. В общей сложности Узбекистан планирует удво-

ить потенциал генерирующих мощностей к 2030 г. Узбекистан первым среди стран региона приступил к освоению технологий водородной энергетики. Удаленные территории можно снабжать электроэнергией за счёт автономных водородных энергоустановок. Создание необходимой инфраструктуры для развития возобновляемых источников энергии требует выполнения большого объёма научно-исследовательских работ.

Выводы

Гидроэнергетика и рациональное управление водными ресурсами играют важнейшую роль в устойчивом развитии стран Центральной Азии. Особенно это актуально для Таджикистана, который обладает значительным гидроэнергетическим потенциалом благодаря многочисленным горным рекам, занимая восьмое место по гидроэнергетическому потенциалу во всём мире. Однако перед страной стоят серьёзные вызовы, связанные с уменьшением площади ледников, усиливающие необходимость принятия активных мер по защите водных ресурсов и обеспечению энергетической безопасности.

Внедрение ГАЭС в Республике Узбекистан мощностью 14,2 МВт и годовой экономической эффективностью 30526,973 млрд. сум на Туямуюнском гидроузле даёт возможность за год выработать 97,554 млн. кВт-час электроэнергии, экономию 14633,114 т.у.т. органических топлив и валютных средств в размере 117,065 млн. долл. США при сокращении покупки пиковой электроэнергии у соседних энергосистем. Также Узбекистан имеет большой гидроэнергетический потенциал для строительства электростанций источником энергии, в которых является возобновляемые источники энергии. На 2030-2050 гг. планируется строительство ВИЭ и множество гидроузлов МГЭС. Строительство ГАЭС в условия Казахстана является нерациональным, так как

преимущественно развитие других типов ВИЭ играет огромную роль на сегодняшний день, покрытие как пиковых, так и суточных норм в электроэнергии весьма возможно строительством ВИЭ и применением солнечных панелей для получения солнечной энергии.

Литература

1. Аламанов, С.; Лелевкин, В.М.; Подрезов, О.А.; Подрезов, А.О. Изменение климата и водные проблемы в Центральной Азии; Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и Всемирный фонд дикой природы (WWF): Москва/Бишкек, Россия, 2006.
2. Любимцева, Э.; Хенебри, Г. М. Изменение климата и окружающей среды в засушливой Центральной Азии: последствия, уязвимость и адаптации. *J. Arid Environ.* 2009, 73, 963–977.
3. Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У. Гидроаккумулирующие электрические станции. Монография. Т.: Издательство «Fanvatexnologiya», Ташкент, 2018, 212 стр.
4. Мухаммадиев М.М., Клычев Ш.И. Использование гидроаккумулирующих электростанций в Узбекистане. *Международный журнал «Гелиотехника»*, №6, 2018.
5. Любимцева, Э.; Хенебри, Г. М. Изменение климата и окружающей среды в засушливой Центральной Азии: последствия, уязвимость и адаптации. *J. Arid Environ.* 2009, 73, 963–977.
6. Джураев К.С. и др. Перспективы строительства ГАЭС в Узбекистане *Журнал «Вестник ТашГТУ»*, №1, Ташкент, 2019.
7. Хагг, В.; Браун, Л.Н.; Кун, М.; Несгаард, ТИ Моделирование гидрологического ответа на изменение климата в ледниковые водосборы Центральной Азии. *J. Hydrol.* 2007, 332, 40–53.
8. www.cowater.uz
9. Ма, J.; Xie, S.-P. Региональные закономерности изменения температуры поверхности.
10. Дельгадо-Бакерисо, М.; Элдридж, ДЖ; Грэверс, СК; Вэл, Дж.; Оливер, И.; Биссетт, А. Влияние климатических изменений на наземные и подземные сообщества. *Glob. Chang. Biol.* 2018, 24, 4330–4339.

ШАРҲИ ИҚТИДОРИ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИИ ОСИЁИ МАРКАЗӢ

Иноятова К.Л.¹, Гулахмадов А.А.^{1*}, Холназаров М.Б.²

¹Институту масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

²Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

*Муаллифи масъул. E-mail: agulakhmadov@gmail.com

Шарҳи мухтасар. Дар мақола як қатор имкониятҳои сохтмони комплекси иншооти гидроэнергетикӣ, аз ҷумла пойгоҳҳои барқии обкашӣ оварда шудааст. Иқтисодии лоиҳаи нерӯгоҳҳои барқии обӣ/пойгоҳҳои барқии обкашӣ дар комплексҳои гидроэнергетикӣ системаҳои хочагиҳои об дар шароити кишварҳои Осӣёи Марказӣ арзёбӣ мешавад. Инчунин маълумот оид ба баррасии иқтисодии гидроэнергетикӣ ва имкониятҳои техникӣ истифодаи он оварда шудааст. Муайян карда шуд, ки Тоҷикистон ва Қирғизистон барин кишварҳо барои сохтмони станцияҳои электрикӣ обӣ/ ГЭС-ҳои азим потенциали обӣ доранд. Ва барои мамлакатҳои поёноби Амударё ва Сир сохтмони станцияҳои электрикӣ оби хурд ва васеъ истифода бурдани манбаҳои барқароршавандаи энергия қобили қабул аст.

Калидвожаҳо: иншооти гидроэнергетикӣ, нерӯгоҳи барқии обкашӣ, гидропотенциали Осӣёи Марказӣ, Амударё, Сирдарё.

OVERVIEW OF HYDROPOWER POTENTIAL OF CENTRAL ASIAN COUNTRIES

Inoyatova K.L.¹, Gulakhmadov A.A.^{1*}, Kholnazarov M.B.²

¹Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan

²Tajik National University

*Corresponding author. E-mail: agulakhmadov@gmail.com

Abstract. This article presents several possibilities for the construction of a complex of hydropower facilities, including pumped storage power plants (PSPPs). The hydropower potential for designing HPPs/PSPPs in hydropower complexes of water management systems in the conditions of Central Asian countries is assessed.

Additionally, an overview of data of hydropower potential and technical capabilities for its use are also provided. It is revealed that the hydro potential for the construction of large HPPs/PSPPs exists in such countries as Tajikistan and Kyrgyzstan. For the countries of the lower reaches of the Amu Darya and Syr Darya rivers, the construction of small HPPs and the widespread use of renewable energy sources are acceptable.

Keywords: *hydropower facilities, pumped storage power plant, hydro potential of Central Asia, Amu Darya, Syr Darya.*

Маълумот оид ба муаллифон. Иноятова Камола Лавзаровна – Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Докторант (PhD). Суроға: Ҷумҳурии Тоҷикистон, 734025, ш. Душанбе, х. Рӯдакӣ, 33. Тел.: (+992) 93 444 7352, E-mail: kamola.ikl@gmail.com; Гулаҳмадов Аминҷон Абдучабборович - Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, муовини директор, доктори илмҳои техникаӣ. Суроға: Ҷумҳурии Тоҷикистон, 734025, ш. Душанбе, кӯч. Бофанда, 5/2. Тел.: (+992) 88 547 1616, E-mail: agulakhmadov@gmail.com; Холназаров Музаффар Бойназарович – номзоди илмҳои иқтисодӣ, докторанти кафедраи иқтисоди миллӣ ва беҳатарии иқтисодии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Суроға: 734005, Ҷумҳурии Тоҷикистон, Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17. Тел.: (+992) 77 707 6561, E-mail: m17.07.1989@mail.ru.

Сведения об авторах. Иноятова Камола Лавзаровна – Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана, студент докторант (PHD). Адрес: 734042, Республика Таджикистан, ш. Душанбе, улица проспект Рудаки, 33. Тел.: (+992)934-44-73-52, E-mail: kamola.ikl@gmail.com; Гулаҳмадов Аминҷон Абдуджабборович - Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана, заместитель директора, доктор технических наук. Адрес: 734042, Республика Таджикистан, ш. Душанбе, улица Бофанда, 5/2. Тел.: (+992) 88 547 1616, E-mail: agulakhmadov@gmail.com; Холназаров Музаффар Бойназарович – кандидат экономических наук, докторант кафедры национальной экономики и экономической безопасности Таджикского национального университета. Адрес: 734005, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Рудаки, 17. Телефон: (+992) 77 707 6561, E-mail: m17.07.1989@mail.ru.

Information about the authors. Inoyatova Kamola Lavzarovna - Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, PhD student. Address: 734042, Republic of Tajikistan, City of Dushanbe, Rudaki Avenue Street, 33. Tel. : (+992) 93 444 7352, E-mail: kamola.ikl@gmail.com; Gulakhmadov Aminjon Abdujabborovich - Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Deputy Director, Doctor of Technical Sciences. Address: 734042, Republic of Tajikistan, City of Dushanbe, Bofanda Street, 5/2. Tel. : (+992)885-47-16-16, E-mail: agulakhmadov@gmail.com; Kholnazarov Muzaffar Boynazarovich - Candidate of Economic Sciences, Postdoc of the Department of National Economy and Economic Security, Tajik National University. Address: 734005, Republic of Tajikistan, Dushanbe, Rudaki Avenue, 17. Phone: (+992) 77 707 6561, E-mail: m17.07.1989@mail.ru.

УДК 536.7

РЕНТГЕНОФАЗОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРОШКОВОЙ ГРАНУЛИРОВАННОЙ ИЗВЕСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧАМАНЗОР ЯВАНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Зарипов Дж.А.^{1,*}

¹Таджикский технический университет им. акад. М. С. Осими

*Автор-корреспондент. E-mail: jz-1972@mail.ru

Аннотация. *Прогресс во многих областях науки, техники и особенно технологии практически невозможен без необходимых достоверных данных, используемых при постановке задач проектирования и эксплуатации материалов и жидкостей. К сожалению, до настоящего времени такие сведения весьма скупы даже для элементов, а имеющиеся данные носят разрозненный и часто противоречивый характер. Развитие современной науки и техники предъявляет все возрастающие требования к уровню, качеству и разнообразию адсорбционных свойств материалов. В связи с этим особое значение приобретают производство, в частности получение, использование, эффективность, рентгенофазовый анализ порошкообразного*

гранулированного известняка и его продуктов, обладающих низкой механической прочностью и адсорбционными свойствами материалов. Для уточнения свойств порошкового гранулированного известняка и его продуктов из месторождения Чаманзор Яванского района Республики Таджикистан были исследованы рентгенофазовые характеристики порошковой гранулированной извести и её продуктов при комнатной температуре от 200К до 2500К. В процессе рентгенофазового анализа происходит выделение теплоты, что ведёт к повышению температуры в системе и снижению активности адсорбентов. Количество погашаемого вещества зависит от площади поверхности поглотителя, поэтому адсорбенты обладают чрезвычайно развитой поверхностью, что достигается за счёт образования большого количества пара в твёрдом теле. В статье представлены результаты экспериментальных исследований рентгенофазового анализа известняка при различных температурах (200 - 2500)К.

Ключевые слова: температура, влага, время, известняк, теплоноситель, увлажнение.

Введение

Значительное количество исследований посвящено изучению извести, в частности, месторождения села Чаманзор Яванского района Республики Таджикистан и его различных массивов, где залегает больше количество негашёного известняка, в том числе нуммулитовых, к которым относится испытываемые образцы [1-6].

Однако, несмотря на всё, задача по решению вопросов получения достоверных данных по рентгенофазовому анализу свойств материалов и веществ при повышенных температурах с относительно малой погрешностью, а также около точек фазовых превращений, остаётся нерешённой. Наибольшее количество научных работ было найдено с целью последующего сравнения полученного значения водопоглощения по массе нуммулитового известняка с результатами испытаний других исследователей [2].

Большой вклад в изучение водопоглощения по массе нуммулитовых известняков Крымского полуострова внёс С.К. Сухорученко, в работе которого представлено подробное исследование их физико-механических свойств [5].

В силу достаточно малого количества информации о проведённых опытах по определению водопоглощения по массе нуммулитового известняка были найдены источники, содержащие сведения о результатах испытания различных пород известняка в целом, что позволяет осуще-

ствить качественное сравнение данных [7].

Кроме того, большое внимание было уделено научной литературе, содержащей информацию о способах улучшения показателя водопоглощения известняка в целом различными способами [5,6].

На данной статье рассматривается возможность применения пропитки полисульфидными растворами известняка-ракушечника, используемого в качестве облицовочного материала, а также для изготовления дорожных изделий, с целью улучшения его эксплуатационных свойств и повышения долговечности [2,3,8,9,11].

В конце исследования осуществлён анализ научной литературы касательно использования нуммулитового известняка в различных областях строительства, а также определены возможные перспективы его применения [12-17].

В данной статье изложены результаты экспериментального исследования и анализа данных по известняку. Полученная информация позволяет найти пути улучшения результатов рентгенофазового анализа известняка и определить целесообразность его применения в различных областях отечественной промышленности и строительстве. Для исследования рентгенофаз известняка и его продуктов с месторождения села Чаманзор Яванского района Республики Таджикистан первоначально выполнили анализ известняка. Для уточнения структуры негашёного известняка провели рентгенофазовый анализ вещества [14].

Таблице 1. Результат рентгенофазового анализа.

Formula	Ca CO ₃
Pdf Number	85-1108
Figure of Merit	88%
Total Peaks	19
Peaks Matched	19
New Matches	19
Strong Unmatched	0
Peak Shift	0
Scale Factor	0.960643
Concentration	1
I / Icorundum	3.39

Таблица 2. Продолжение результата поиска приведено в таблице 2, (Peak List - Список пиков. Peak Search Settings-Настройка поиска пиков)

Confidence Threshold	90%
Matched / Total	18 /21

Таблице 3. При определённом времени поиска результат объекта.

2-Theta	D-Spacing	Intensity	Width	Confidence	Matches
10.001	8.8369	18	0.167	94.8%	
10.508	8.4120	14	0.139	90.2%	
23.088	3.8491	158	0.164	100%	A
26.525	3.3576	20	0.158	99.7%	
29.449	3.0305	1378	0.155	100%	A
31.494	2.8383	37	0.179	100%	A
36.032	2.4905	231	0.162	100%	A
39.479	2.2807	286	0.165	100%	A
43.234	2.0909	265	0.163	100%	A
47.146	1.9261	86	0.161	100%	A
47.606	1.9086	249	0.169	100%	A
48.601	1.8718	269	0.178	100%	A
56.662	1.6231	68	0.195	100%	A
57.503	1.6014	139	0.184	100%	A
58.240	1.5829	15	0.165	98.8%	A
60.796	1.5223	63	0.210	100%	A
61.515	1.5062	15	0.166	94.3%	A
63.190	1.4703	20	0.183	100%	A
64.767	1.4382	91	0.184	100%	A
65.741	1.4192	28	0.213	100%	A
69.283	1.3551	14	0.165	98.5%	A

Результат рентгенофазового анализа, приведённый в таблице 3, представляется на рисунке 1.

В таблице 3 совпадение всех элементов буквы (А) доказывает, что это результат рентгенофазного анализа вещества, которое изображено в виде пика на рисунке 1.

Каждый пик рисунка 1 доказывает 100% - ый элемент вещества.

Например, в таблице 2 (Matched/Total-18/21) это обозначение известного и неизвестного элементов, а три неясных элемента приведены в таблице 3. Общая сумма всех этих элементов - 21. Результат таблицы 3 приведён на рисунке 1.

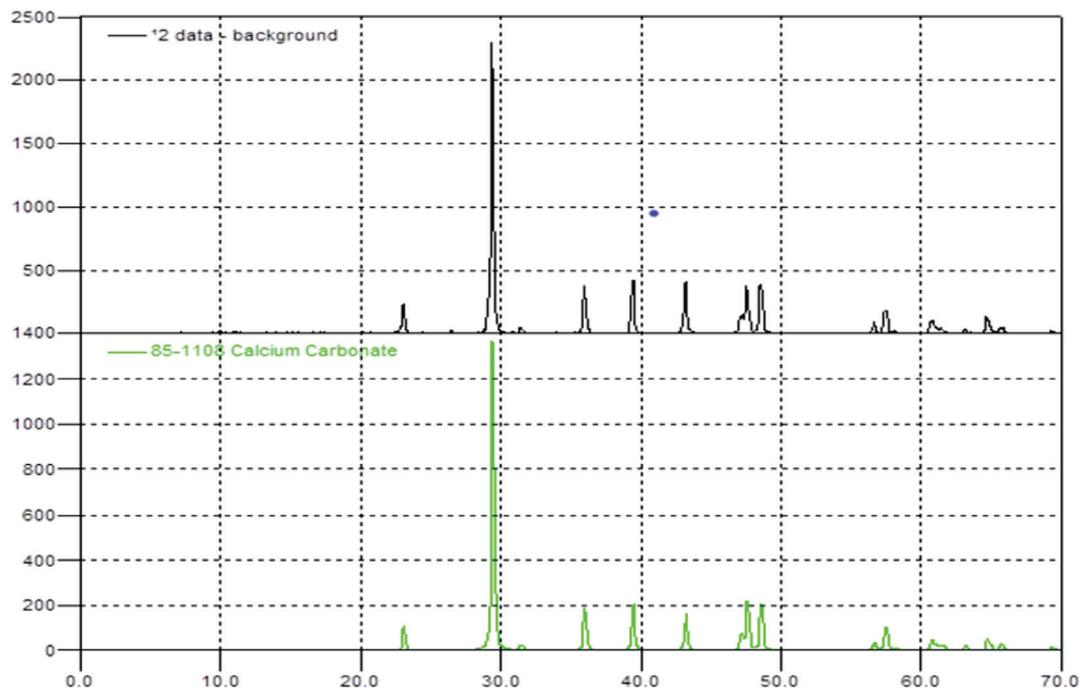


Рисунок 1. Результат рентгенофазового анализа исследуемого образца.

Например: Для исследования анализа угля месторождения района Варзоб Республики Таджикистан первоначально

выполнили анализ угля в научной лаборатории Физико-технического института имени С.У.Умарова НАНТ.

Таблица 4. Продолжение результата поиска (Список пиков. Настройка поиска пиков).

уверенность	(90-95)%
совпадение/всего	16 / 19

Таблица 5. При определённом времени результат поиска угля.

Градус	интервал, d,Å	интенсивность,	ширина, Å	уверенность, %	соответствие
23.08	3.84	166	0.14	100%	А
26.54	3.35	21	0.16	99.7%	
29.45	3.03	1451	0.14	100%	А
31.48	2.83	36	0.16	100%	А
36.03	2.49	239	0.14	100%	А
39.48	2.28	310	0.14	100%	А
43.23	2.09	274	0.15	100%	А

46.58	1.94	12	0.13	92.3%	
47.16	1.92	90	0.15	100%	A
47.60	1.90	259	0.15	100%	A
48.59	1.87	294	0.15	100%	A
56.66	1.62	63	0.15	100%	A
57.50	1.60	143	0.17	100%	A
58.15	1.58	17	0.13	99.4%	
60.75	1.52	83	0.15	100%	A
61.47	1.50	27	0.14	99.9%	A
63.14	1.47	31	0.14	100%	A
64.78	1.43	83	0.18	100%	A
65.72	1.41	34	0.17	100%	A

В таблице 5, совпадение всех элементов букв (A) доказывает, что это результат рентгенофазового анализа вещества, которое изображено в виде пика на рисунке 2. Каждый пик рисунка 2 доказывает 100% - ые элементы вещества. Например, в таблице 4, (совпадение / всего -16 / 19), это обозначение известного и неиз-

вестного элементов вещества в виде %. 16-буква (A) - это известный элемент по результатам анализа, а три неясных элемента приведены в таблице 5. Сумма всех этих элементов составляет 19. Результат рентгенофазового анализа (табл. 5) представляется на рисунке 2.

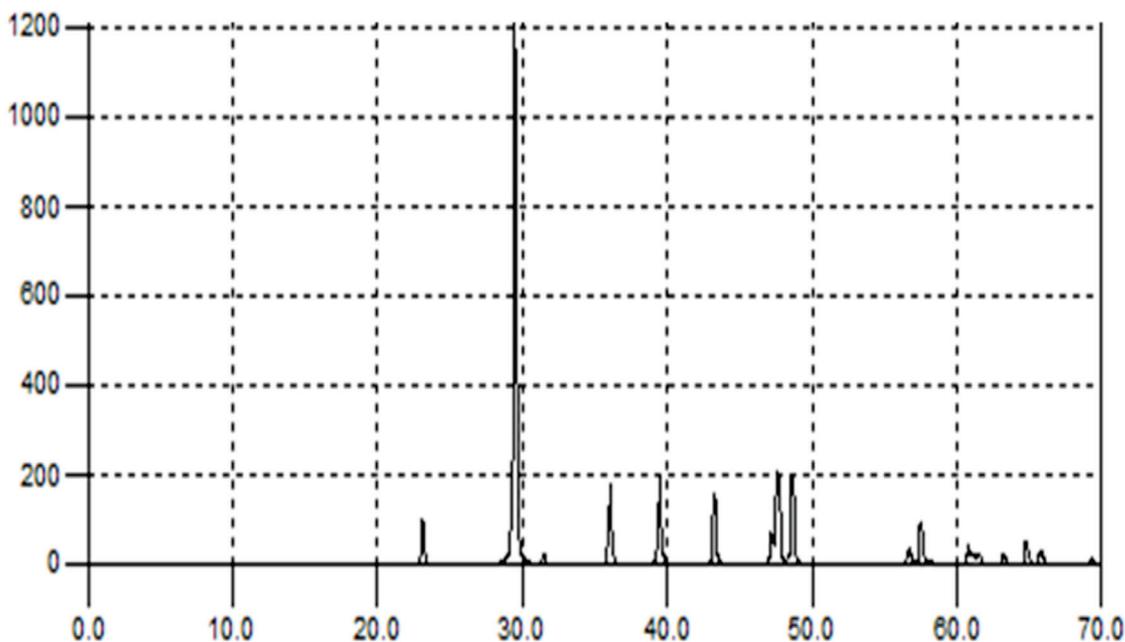


Рисунок 2. Результат рентгенофазового анализа угля (Физико-технический институт имени С.У.Умарова НАНТ).

Как видно из рисунка 2, в общем виде 16-пиков, из них 15-пиков совпадают друг с другом, которые зависят от химических элементов (85% -CO₂). В составе неясны 25% - разнообразных элементов, в ре-

зультате суммы всех элементов рентгенофазовый анализ доказывает 100% - ые элементы вещества, которые зависят от выделения теплоты.

Для уточнения физико-химических и термодинамических свойств массопереноса материалов необходимо определение и изучение накопленных знаний о теплофизических свойствах теплоносителей, которые способствуют развитию и совершенствованию современных представлений о параметрах порошковых свойств объекта (уголь), выяснению механизма межмолекулярного взаимодействия в конкретных веществах, выбранных в качестве теплоносителей или массопереноса.

В состав угольного топлива входят элементы O₂, H₂, C, N, S. Для расчёта и анализа необходимо учитывать расчётные формулы, которые зависят от состава топлива.

Если угольное топливо содержит большое количество карбонатов (более 2%), то в этом случае массу сгоревшего топлива определяют по следующей формуле [18].

$$G = 100 - w^k - A_{з.с.} - (CO_2)_k, \quad (1)$$

где $(CO_2)_k$ – количество углекислого газа, определяемое в %; $A_{з.с.}$ — зольность сульфатов, образующихся при разложении карбонатов. С учётом сгоревшей в угле серы при разложении карбонатов можно рассчитать по следующей формуле:

$$A_{д.с.} = A^k - A_c \cdot \left(1 - \frac{W^k}{100}\right) \quad (2)$$

Помимо A_k для угольной шахты принят уголь района Варзоб.

Элементы топливного состава, если процент первой группы рабочей массы топлива в зависимости от влажности W_1^k и процент второй группы рабочей массы топлива в зависимости от влажности равны, учитывая W_2^k , то этот тип составляющих можно рассчитать по следующему выражению [18]:

$$\frac{100 - W_2^k}{100 - W_1^k} \quad (3)$$

При изменении зольности угольного топлива от A_1 до A_2 её рассчитывают по следующей формуле:

$$\frac{100 - A_2}{100 - A_1} \quad (4)$$

Для определения рабочей массы топлива используется следующий пересчётный коэффициент:

$$K = \frac{100 - W^k - A^k}{100} \quad (5)$$

Расчёт состава рабочих органов и сухой массы топлива производится с помощью коэффициентов, приведённых в таблице 6 [18].

Таблица 6. Расчёт состава элементов заданной массы топлива производится с помощью заданных коэффициентов [17, 18].

Масса подаваемого топлива	Доступная для поиска масса топлива		
	Работа	Сухое	Горячее
Работа	1	$\frac{100}{100 - W^k}$	$\frac{100}{100 - W^k}$
Сухое	$\frac{100 - W^k}{100}$	1	$\frac{100}{100 - A^x}$
Горячее	$\frac{100 - W^k - A^k}{100}$	$\frac{100 - A^x}{100}$	1

При расчёте состава элементов угля, который при горении выделяют химические газы: [углерод (С), кислород (O₂), водород (H₂), азот (N), сера (S) и др.], при тестовых расчётах, сумма всех рассчитываемых элементов должна быть равна 100%. Топливо в основном определяется процентами или делится. Чтобы обосновать состав элементов угольного топлива, которые составляют некоторые проценты, поясним следующую задачу: в ходе экспериментальных исследований была проанализирована группа элементов угля района Варзоб Республики Таджикистан:

Например, дан состав топлива Варзобского района следующими элементами: C^Г = 84,0%, НГ = 4,5%, N^Г = 2,0%, O^Г = 9%, S^Г = 0,5%. Влажность и рабочая масса W^Р = 12,0% и A^Р = 11,4% примерно равны. Необходимо определить группу элементов массы сгоревшего топлива.

Решение: Для расчёта массы сгоревшего топлива к его рабочей массе определим коэффициент пересчёта по формуле (6):

$$K = \frac{100 - W^R - A^R}{100} = \frac{100 - 12,0 - 11,4}{100} = 0,766 \quad (6)$$

Используя формулу (6), рассчитаем элементы топливного состава варзобского угля Республики Таджикистан:

$$C^K = C^Г \cdot K = 84,0 \cdot 0,766 = 64,3\%$$

$$H^K = H^Г \cdot K = 4,5 \cdot 0,766 = 3,4\%$$

$$N^K = N^Г \cdot K = 2,0 \cdot 0,766 = 1,5\%$$

$$O^K = O^Г \cdot K = 9,0 \cdot 0,766 = 6,9\%$$

$$S^K = S^Г \cdot K = 0,5 \cdot 0,766 = 0,4\%$$

Собираем общие показатели группы элементов рабочей массы топлива. Если групповая сумма всех производных элементов (A^К + C^К + H^К + N^К + O^К + S^К + W^К) равна 100 %, то такой вид топлива называется высококачественным.

Доказательство: A^К + C^К + H^К + N^К + O^К + S^К + W^К = 100%;

$$A^K + C^K + H^K + N^K + O^K + S^K + W^K = 11,40 + 64,34 + 3,45 + 1,53 + 6,90 + 0,38 + 12,0 = 100\%$$

Выводы

1. Получены экспериментальные данные по рентгенофазовому анализу известняка в зависимости от массы при различных температурах (200 - 2500)К.

2. Выполнен анализ результатов рентгенофазового исследования образца известняка села Чаманзор Яванского района.

3. Для уточнения структуры 2г., CaCO₃ при температуре (200-2500)К использовали метод рентгенофазового анализа вещества (CaO₃).

4. Проанализированы элементы состава твёрдого топлива. Также установлено, что качество угольного порошка зависит от размера его частиц. В результате проанализированы элементы топливного состава варзобского угля и гарантировано его использование в ТЭЦ.

Литература

1. Бугрова И.Ю., Бугрова Э.М. / Разрезы и нижняя палеоцена южной части полуострова Крым. Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2015. Т. 23. №6. С.56-59
2. Буркитбаев М.М., Массалимов Б.И., Массалимов И.А., Уракаев Ф.Х., Уралбеков Б.М., Чуйкин А.Е. / Улучшение эксплуатационных материалов из известняка-ракушечника пропитанной полисульфидными расторами. Нанотехнологии в строительстве. 2017.Т.9.№3.С.66-80
3. Влияние наноструктурных частиц на изменение термодинамических и адсорбционных свойств на линии увлажнения / М.М. Сафаров, М.А.Зарипова, А.С.Назруллоев и др. // Тезисы докладов 10-го Всероссийского симпозиума с международным участием. ФТИ имени А.Ф.Иоффе,РАН-Санкт Петербург, 2015.-С.42
4. Гусев, А. И. / Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – 2-е изд., испр. – Москва: Физматлит, 2009. – 416 с.
5. Гогонин И.И., Григорьева Н.И. Потатуркина Л.В., Сосунов В.И. / Локальный теплообмен при конденсации пара на пакете труб. Расчет и конструирование энергооборудования с конденсацией пара. Ленинград, 1990, 27-46.
6. Кутателадзе О.С., Гогонин И.И., Григорьева, Н.И. / Анализ теоретических и экспериментальных результатов по теплообмену при пленочной конденсации неподвижного пара на вертикальной поверхности. Кипение и конденсация. Рига., 1984, 97-108.

7. Косоруков В.Л., Латышева И.В., Ростояцева Ю.И., Смиронова Т.В. / Новые данные о геологии Лохаской зоны Горного Крыма. Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2015 №5. С.21-33
8. Лукин А.Ю., Лукина В.А., В.В. Михин., / Пискунов М.В. Возможность использования месторождений известняка в дорожных конструкциях. Электронный научный журнал. 2016. №2(5). С.510-515
9. Мирзомаматов А.Г., Сафаров М.М., Холиков М.М., Джураев Д.С., Абдуназаров С.С., Назирмадов Д.А., Назруллоев А.С. / Теплофизические и адсорбционные свойства медных катализаторов на основе пористого гранулированного оксида алюминия в среде воздух-пар воды. В сборнике: Сушка, хранение и переработка продукции растениеводства. Сборник научных трудов Международного научно-технического семинара, посвящённого 175-летию со дня рождения К.А. Тимирязева. 2018. С. 250-255.
10. Максимович Г. А., Горбунова К. А. Карст Пермской области, Пермь, 1958г. Корыстуемые породы — известняки среднего и верхнего девона. С.12-85.
11. Назриматов Д.А., Сафаров М.М., Мирзомаматов А.Г., Абдуназаров С.С., / Связи между теплопроводностью и коэффициентом адсорбции кобальтовых катализаторов на основе пористого оксида алюминия в гранулированной форме в среде электролитов. Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2019. № 4. С. 120-127.
12. Накоряков В.Е., Григорьева Н.И. / Точное решение задачи о совместном тепломассопереносе при пленочной абсорбции. ИФЖ, 1977, т.33, N5, 893-896.
13. Осама Р.Э./ Состав и условия образования нуммулитового известняка свиты самапут Юго-западного Синая (Египет). Геология, география и глобальная энергия. 2011. №.4(43). С.80-84.
14. Орехов И.И., Тимофеевский Л.С., Караван С.В. / "Абсорбционные преобразователи теплоты", Химия, Ленинград, 1989.
15. Сухорученко С.К., / Денудационные процессы нуммулитового известняка центральной части Крымских пород в районе г. Симферополя. Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: География. 2010. Т.23 (62). №.1. С.78-83
16. Способ производства композитных строительных изделий: пат.2 629 0333 Рос. Федерация МПК СО48 18/04 (2006.01) / А.В. Дядичев, Н.В. Любо Мирский, С.И. Федоркин; Государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский Федеральный университет имени В.И. Вернадского», - №.:2016111823; заявлен. 29.03.2016; опубл. 24.08.2017. Бюл. №24.
17. Безгрешнев А.Н., Липов Ю. М., Шлейфер Б.М. Расчёт паровых котлов. В примерах и задачах. Москва - 1991. 236 стр.
18. Фокин В.М. Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения. -М.: «Издательство Машиностроение-1», 2006. 240 с. (сах. 188-206).

ТАДКИКИ ФАЗАВЌ-РЕНТГЕНИИ ХУСУСИЯТҲОИ ДОНАЧАҲОИ ХОКАИ ОҲАКИ КОНИ ЧАМАНЗОР НОҲИЯИ ЁВОНИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

Зарипов Ҷ.А.^{1,*}

¹Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи ақ. М.С. Осимӣ

*Муаллифи масъул. E-mail: jz-1972@mail.ru

Шарҳи мухтасар. Рушд дар бисёр соҳаҳои илм, техника ва махсусан технология бе маълумоти зарурии бозғитимод, ки зимни ба миён гузоштани масъалаи лоиҳакаиш ва истифодаи маводҳо ва моеъҳо истифода мешаванд, амалан имконнопазир аст. Мутаассифона, то имрӯз чунин маълумот ҳатто барои унсурҳо хеле кам аст ва маълумотҳои мавҷуда пароканда ва аксаран муҳолифанд. Бинобар ин рушди илм ва технологияи муосир барои беҳдошти сифат ва гуногун будани хосиятҳои абсорбсионии маводҳо дар ҷомеаи имрӯза рӯз то рӯз афзоиши меёбад. Дар ин бобат алалхусус дар истеҳсолот самаранокӣ хосиятҳои хокаи оҳаки ношукуфта ва маҳсулнокии он, ки дорои қувватнокӣ паст ва хосиятҳои абсорбсионӣ дорад пешниҳод карда мешавад. Барои муайян кардан хосиятҳои маҳсулоти хокаи оҳаки кони Чаманзори ноҳияи Ёвони Ҷумҳурии Тоҷикистон дар ҳарорати хона аз 200К то 2500К татқиқот гузаронида шудааст. Дар раванди татқиқоти абсорбсионӣ гарми хориҷ мешавад, ки боиси болоравии ҳарорат шуда ва дар натиҷа камшавии ҷабандаги ба амал меояд. Пас маълум мешавад, ки маҳсулоти оҳаки хокагӣ дорои

сатҳҳои баланди инкишофёфта доранд, ки аз ҷабидагирии буг дар вақти таҷрибагузаронӣ нисбати моддаи татқиқотӣ мушоҳида карда шуд. Дар ин мақола натиҷаи татқиқоти таҳлили ренгени оҳак дар ҳароратҳои (200-2500)К пешниҳод карда мешавад. Барои татқиқот таҳлили рентгени маҳсулоти сохтмонӣ оҳаки ношукуфта истифода бурда шудааст.

Калидвожаҳо: ҳарорат, намӣ, вақт, абсорпсия, оҳаксанг, гармибаранда, намнокӣ

STUDY OF PHASE ANALYSIS OF THE SAMPLE FROM THE CHAMANZOR VILLAGE, YAVAN DISTRICT, REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Zaripov J.A.^{1,*}

¹Tajik Technical University named after academician M.S.Osimi

*Corresponding author. E-mail: jz-1972@mail.ru

Abstract. Progress in many fields of science, engineering and especially technology is virtually impossible without the necessary reliable data used in setting design and operation tasks for materials and fluids. Unfortunately, up to now such information is very scarce even for elements, and the available data are scattered and often contradictory. The development of modern science and technology places ever-increasing demands on the level, quality and diversity of adsorption properties of materials. In this regard, production, in particular the receipt, use, efficiency, X-ray phase analysis of powdered granulated limestone and its products with low mechanical strength and adsorption properties of materials are of particular importance. To clarify the properties of powdered granulated limestone and its products from the Deha of Chamanzor in the Yovon district of the Republic of Tajikistan, X-ray phase characteristics of powdered granulated lime and its products were studied at room temperature from 200K to 2500K. During the X-ray phase analysis, heat is released, which leads to an increase in temperature in the system and a decrease in the activity of adsorbents. The amount of the substance being quenched depends on the surface area of the absorber, so adsorbents have an extremely developed surface, which is achieved by forming a large amount of steam in the solid. The article presents the results of experimental studies of X-ray phase analysis of limestone at different temperatures (200 - 2500)K.

Keywords: temperature, moisture, time, absorption, limestone, heat carrier, humidification.

Маълумот оид ба муаллиф. Зарипов Чамшед Абдусаломович. ДТТ ба номи ак. М.С. Осимӣ. номзади илмҳои техникӣ, дотсент. ш. Душанбе. Факултети энергетикӣ, кафедраи техника ва энергетикаи гармо-и Донишгоҳи техникии Тоҷикистон. Тел.: (+92) 91 962 3326, E-mail: jz-1972@mail.ru.

Сведения об авторе. Зарипов Джамшед Абдусаломович. ТТУ имени акад. М.С. Осими. кандидат технических наук, доцент. г. Душанбе. Энергетический факультет, кафедра техники и теплоэнергетики. Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими. Тел.: (+92) 91 962 3326, E-mail: jz-1972@mail.ru.

Information about the author. Zaripov Jamshed Abdusalomovich. TTU is named after ak. M.S. Osimi. candidate of Technical Sciences, professor. Dushanbe. Faculty of Power Engineering, Department of Technology and Heat Power Engineering, Tajik Technical University Tel.: (+92) 91 962 3326, E-mail: jz-1972@mail.ru.

УДК 536.12. - 33

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ, ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ И КИНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ПЕРОКСИД ВОДОРОДА + ВОДА + МАГНИТНЫЙ ПОРОШОК

Зарипов Дж.А.^{1,*}, Сафаров М.М.¹, Сафаров П.М.¹

¹Таджикский технический университет им. акад. М. С. Осими

*Автор-корреспондент. E-mail: jz-1972@mail.ru

Аннотация. В работе использована экспериментальная установка с компьютерной регистрацией температуры образца в условиях непрерывного нагревания и исследование плотности системы вода + перок-

сид водорода в зависимости от температуры. В изучаемом температурном интервале от 298K до 673K измерялась удельная теплоёмкость и было рассчитано экспериментальное значение плотности (ρ , кг/м³) воды и водных растворов пероксида водорода ((3-100)% H₂O₂). в зависимости от температуры при атмосферном давлении

Ключевые слова: температура, плотность, время, вода, пероксид водорода, удельная теплоёмкость.

Введение

В данной статье представлены результаты экспериментальных исследований теплофизических параметров для смеси водного раствора перекиси водорода с магнитным порошком. Для определения констант формальной кинетики, для реакции термического разложения, необ-

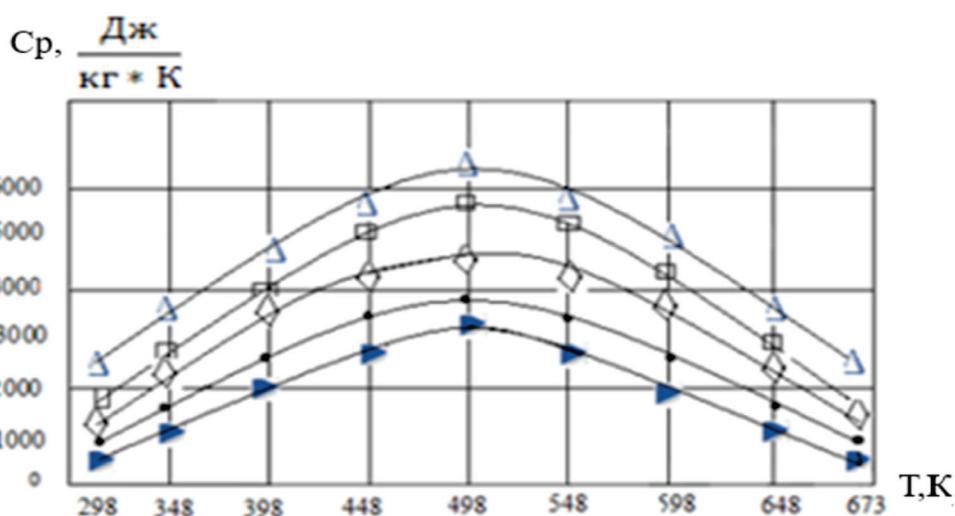
ходимо знаний теплоёмкости используемого магнитного порошка (Срмп), как одного из компонентов исследуемой смеси (таблица 1). Для измерения теплоёмкости исследуемых смесей водного раствора пероксида водорода и магнитных жидкостей использован метод монотонного разогрева растворов [1-6,11].

Таблица 1. Наименование образцов манганитов.

№	Наименование образца
1	La _{0,7} Sr _{0,25} MnO _{3-x}
2	La _{0,75} Sr _{0,25} MnO _{3-x}
3	La _{0,7} Sr _{0,3} MnO _{3-x}
4	La _{0,8} Sr _{0,2} MnO _{3-x}
5	La _{0,65} Sr _{0,35} MnO _{3-x}

Результаты измерения удельной теплоёмкости исследуемых манганитов представлены на рисунке 1. Как видно из анализа рисунка 1, теплоёмкость иссле-

дуемых манганитов имеет аномальный характер [7-11]. Самое высокое значение теплоёмкости образцов наблюдается при температуре T = 498K.



1 - ▲ - Образец №1; 2 - ● - Образец №2; 3 - ◊ - Образец №3;
4 - □ - Образец №4; 5 - Δ - Образец №5

Рисунок 1. Зависимость удельной теплоёмкости манганитов в зависимости от температуры.

Для удобства использования экспериментальных данных, последние обрабатываются и обобщаются в виде функциональной зависимости относительной теплоёмкости от относительной температуры при атмосферном давлении [4, 12-13].

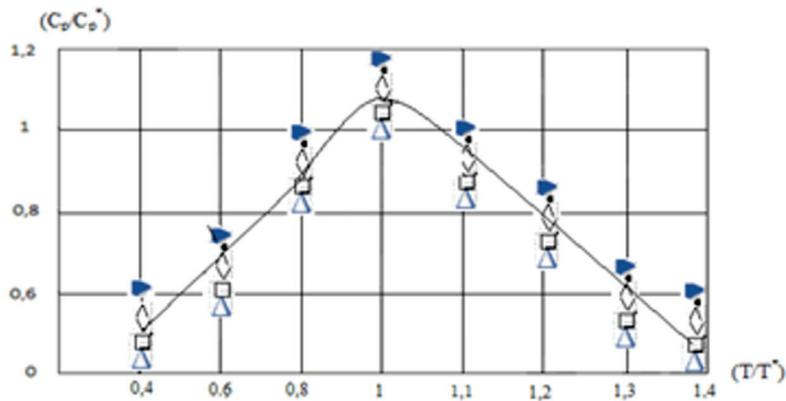
$$\frac{C_p}{C_p^*} = f\left(\frac{T}{T_1}\right) \quad (1)$$

где C_p – теплоёмкость испытуемого образца в зависимости от температуры; C_p^* – теплоёмкость испытуемого образца при $T_1 = 298\text{K}$; T – температура, при которой

проводится испытание. Графически полученная функциональная зависимость (1) представлена на рисунке 2.

Как видно из анализа рисунка 2 экспериментальные данные в пределах выбранного доверительного интервала могут быть описаны следующим соотношением

$$\frac{c_p}{c_p^*} = \left[1,239\left(\frac{T}{T_1}\right)^2 - 0,292\left(\frac{T}{T_1}\right) + 0,064 \right] \quad (2)$$



относительной температуры: Образцы согласно таблице 1: 1 - \blacktriangleright
 Образец №1; 2 - \bullet - Образец №2;
 3 - \diamond - Образец №3; 4 - \square - Образец №4; 5 - \triangleleft - Образец №5

Рисунок 2. Зависимость относительной теплоёмкости (C_p/C_p^*) от относительной температуры.

Анализ полученных значений теплоёмкости C_p^* показал, что они являются

функциями концентрации La (рисунок 3).

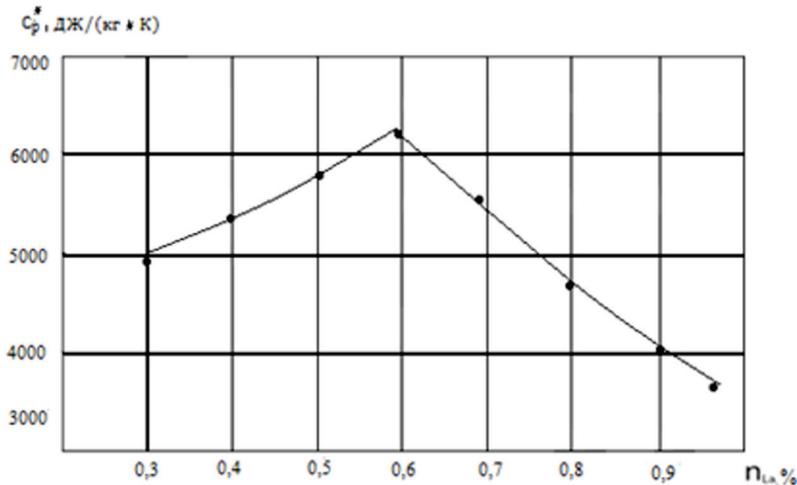


Рисунок 3. Зависимость удельной теплоёмкости (C_p^*) от концентрации La .

Кривая, приведённая на рисунке 3, описывается следующим соотношением

$$C_p^*(n_{la}) - (-3,9 \cdot 10^3 n_{la}^2 + 3,8 \cdot 10^3 n_{la} - 0,4) \text{ Дж / (кг К)} \quad (3)$$

Из уравнения (1) и (2) с учётом (3) для $T \leq 498 \text{ К}$, получим:

$$c_p = \left[-2,2 \cdot 10^3 \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + 3,4 \cdot 10^3 \left(\frac{T}{T_1} \right) + 0,36 \right] \cdot c_p^*(n_{la}) \quad (4)$$

Проведённые оценки показывают, что выражение (4) с учётом (3) позволяет с доверительной вероятностью 95% определить теплоёмкость образцов с погрешностью менее 3,8%.

Чистая перекись водорода представляет собой бесцветную жидкость без запаха, обладающую вязкостью воды, высокой плотностью 1,44 г/см³ и высокой температурой замерзания (застывания, $T = 271,3 \text{ К}$).

Недостатком чистой перекиси водорода как окислителя является сравнительно высокая температура замерзания.

Однако этот недостаток может быть несколько исправлен, если применять водные растворы, поскольку растворы перекиси водорода, являясь двухкомпонентной системой $\text{H}_2\text{O}_2 - \text{H}_2\text{O}$, имеют не точку, а некоторую область замерзания.

В зависимости от концентрации перекиси водорода меняется не только температура замерзания, но и температура кипения и плотность, как это видно из таблицы 2.

Таблица 2. Основные характеристики пероксида водорода [24].

Концентрация перекиси, %	$T_{\text{заст.}}$		$T_{\text{кип.}}$		Плотность
	°С	К	°С	К	
100	-1,72	271,31	151	424,04	1,45
90	-7,81	265,23	142	415,02	1,39
80	-22,2	250,81	139,82	413,02	1,35
70	-37,0	236,01	123,02	396,01	1,29

Данные по теплофизическим характеристикам пероксида водорода (H_2O_2), приведённые в литературе, имеют большие разбросы по значениям и перед использованием в расчётах нуждаются в тщательной проверке. Во многом это происходит от того, что до определенного времени некоторые характеристики пероксида водорода являлись «закрытыми» с грифом секретности, поскольку сам пероксид водорода использовался как окислитель в ракетных двигателях на жидком топливе и как компонент взрывчатых веществ. По данным справочной

литературы [1-3] теплоёмкость 3% пероксида водорода равна 0,97 ср воды. Так для диапазона температур от 10 до 100°С для (3 - 100)% - го пероксида водорода ср = $0,97 \cdot 4190 \approx 4064 \text{ Дж / (кг·К)}$.

По результатам проведённых исследований следует отметить, что в пределах погрешности измерений, определенные значения теплоёмкостей водных растворов пероксида водорода соответствуют данным литературных источников [20-22,24].

А теперь уточняем исследование плотности системы вода + пероксид водорода

в зависимости от температуры. Для определения коэффициента теплоёмкости и теплоты, переносимой потоком, необходимы знания значений плотности водных растворов, в том числе водного раствора пероксида водорода.

Определение зависимости теплофизических характеристик плотности исследуемых

растворов проводилось на измерительной установке, работающей по методу гидростатического взвешивания. Кроме того, для измерения плотности растворов использован денсиметрический метод [13].

Таблица 3. Экспериментальное значение плотности (ρ , кг/м³) воды и водных растворов пероксида водорода исследуемых растворов ((3 - 100)% H₂O₂) в зависимости от температуры при атмосферном давлении [24].

Т, К	№1 100% H ₂ O	№2 87%H ₂ O +13% H ₂ O ₂	№3 69%H ₂ O +31% H ₂ O ₂	№4 50%H ₂ O +50% H ₂ O ₂	№5 25%H ₂ O +75%H ₂ O ₂	№6 100% H ₂ O ₂
293	0,998	1,045	1,15	1,198	1,315	1,450
333	0,998	1,030	1,106	1,177	1,285	1,412
353	0,971	1,024	1,110	1,167	1,230	1,392
373	0,46	1,015	1,098	1,160	1,36	1,375

Плотность изученных жидких систем с ростом температуры уменьшается. Добавка пероксида водорода в воде увеличивает плотность системы.

Для обработки экспериментальных данных по плотности исследуемых образцов использована следующая функциональная зависимость [5,6,8]:

$$\frac{\rho}{\rho_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right) \quad (5)$$

где ρ , ρ_1 - плотности исследуемых растворов при различных температурах T и T_1 ($T_1 = 333\text{K}$) соответственно.

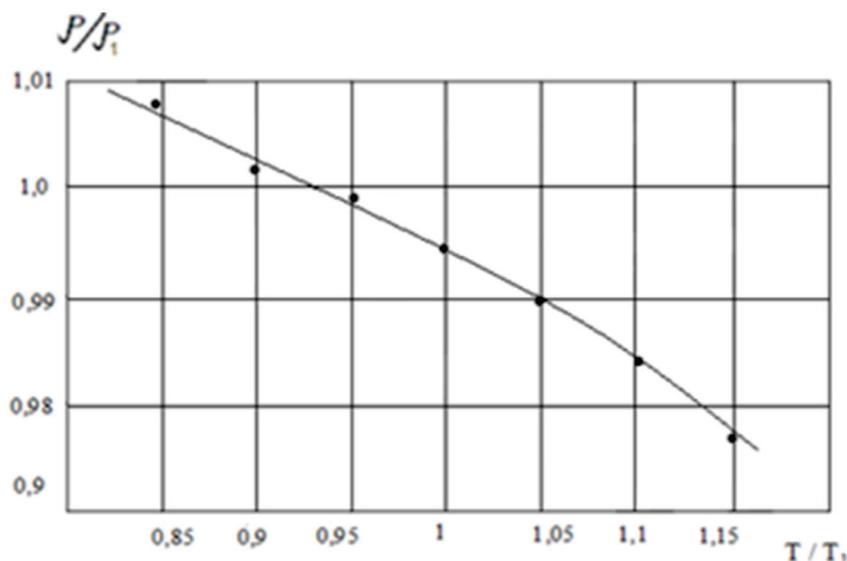


Рисунок 4. Зависимость относительной плотности (ρ/ρ_1) от относительной температуры (T/T_1).

Кривая функции на рисунке 4 описывается уравнением:

$$\frac{\rho}{\rho_1} = -1,55 \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + 2,92 \left(\frac{T}{T_1} \right) - 0,345 \quad (6)$$

Результаты анализа значений ρ_1 показали линейную зависимость плотности

раствора от концентрации пероксида водорода (рисунок 5).

Кривая линии, представленная на рисунке 6, описывается уравнением

$$\rho_1(n) = 3,53n + 0,986 \quad (7)$$

Из уравнения (6) с учётом выражения (7) получим:

$$\rho = \left[-1,55 \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 + 2,92 \left(\frac{T}{T_1} \right) - 0,34 \right] \cdot \rho_1(n), \text{ кг/м}^3 \quad (8)$$

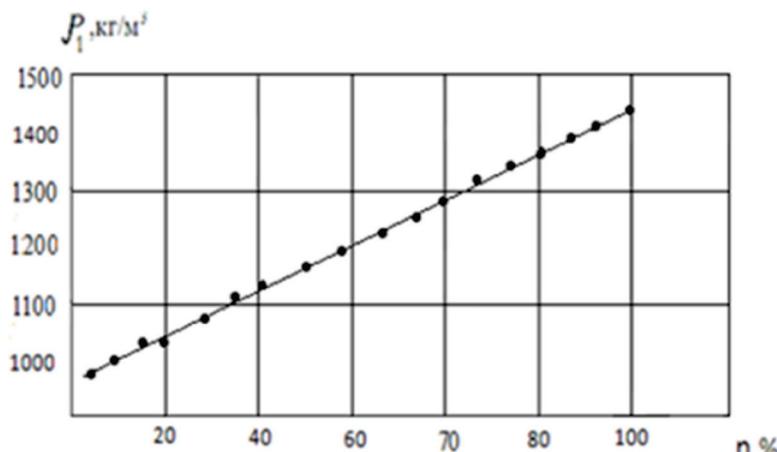


Рисунок 5. Зависимость плотности исследуемых растворов от концентрации перекиси водорода, при $T = 333 \text{ К}$.

Согласно проведенным оценкам, выражение (8) с учётом (7) позволяет с доверительной вероятностью 95 % определять плотность системы вода + пероксид водорода с погрешностью не более 0,21%.

На основе экспериментальных данных температурной зависимости от времени

старения материалов, т.е. электролитов системы пероксида водорода и воды, с использованием теории Аррениуса-Эйринга была рассчитана скорость химических реакций [3,5,6,10,18,19,22,24]

Для поставленной задачи построен график зависимости $\tau = f(1/T)$, рисунок 6.

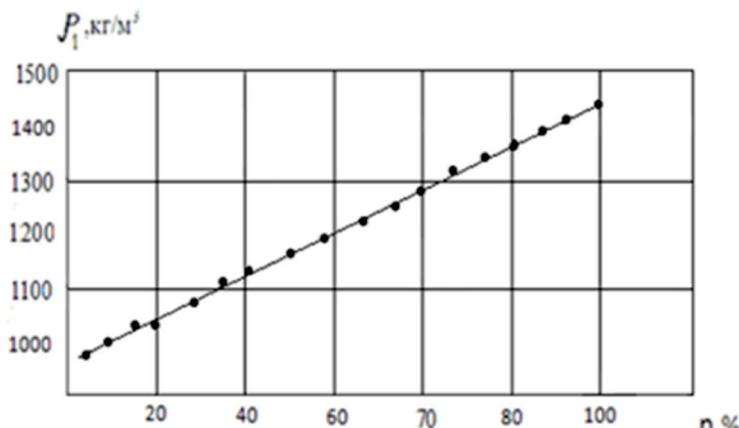


Рисунок 6. Зависимость продолжительности старения электролита от обратной температуры старения при $T = 333 \text{ К}$.

Как видно из графиков 6, зависимость продолжительности старения электролита от обратной температуры зависит от доли массы воды [24]:

$$\ln \tau = \frac{A}{T} + B \quad (9)$$

где A и B – величины, постоянные для данного материала. Анализ значений A и B показал, что они являются функциями доли массы магнитных порошков или иных материалов

$$A(g_{\text{мп}}) = -323 \cdot 10^7 g_{\text{мп}}^2 + 902,6 \cdot 10^3 g_{\text{мп}} + 288 \cdot 10 \quad (10)$$

$$B(g_{\text{мп}}) = 80,4 \cdot 10^3 g_{\text{мп}}^2 - 23,6 \cdot 10^2 g_{\text{мп}} - 11,5 \quad (11)$$

Коэффициенты в уравнении (9) с учётом (10) и (11) примут вид:

$$\ln(\tau) = \frac{B(g_{\text{мп}})}{T} + A(g_{\text{мп}}) \quad (12)$$

Аналогичные зависимости наблюдаются для «срока жизни» (продолжительности работы до выхода из строя) изоляции и растворов в коллекторе и других электроизоляционных конструкциях [24].

Выполнимость выражения (9) показана на рисунке 7.

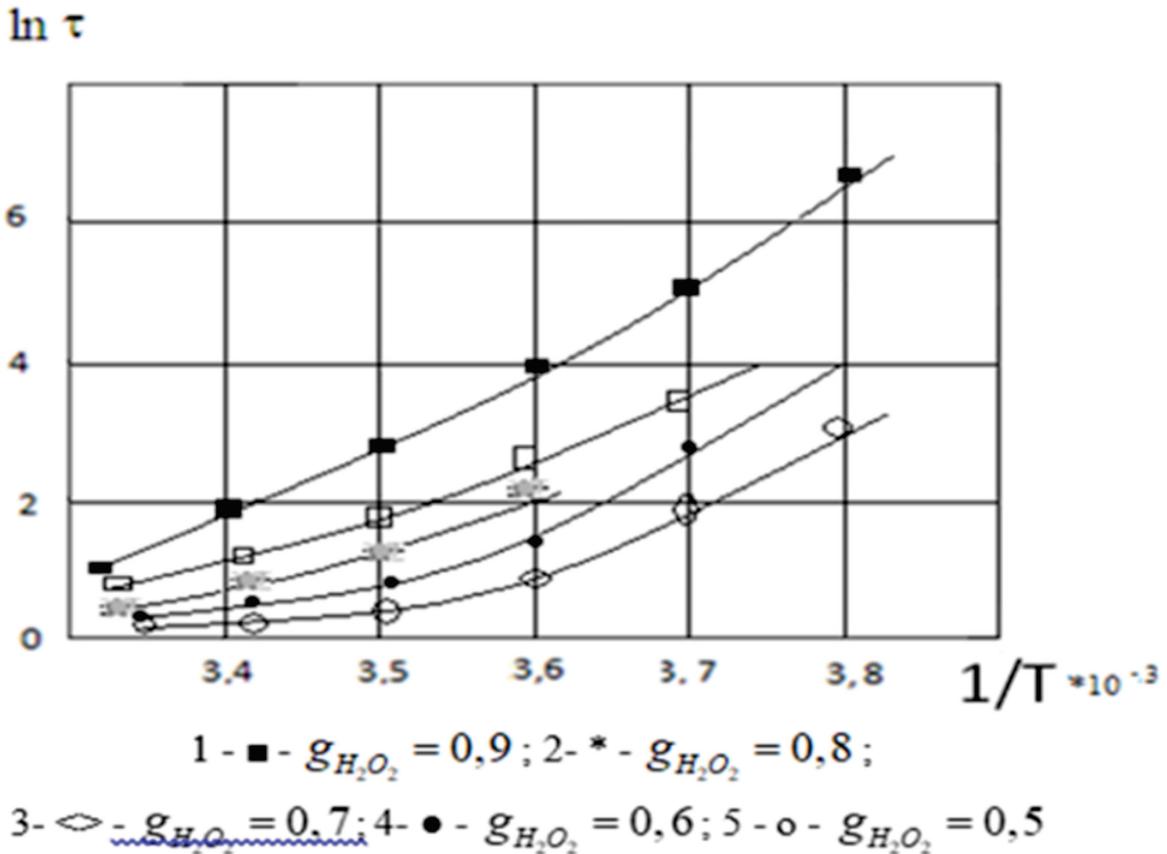


Рисунок 7. Зависимость логарифма времени старения от обратной температуры.

Для обработки экспериментальных данных необходимо определить изменение времени и температуры старения для

системы пероксид водорода + вода и магнитный порошок [14,18,24].

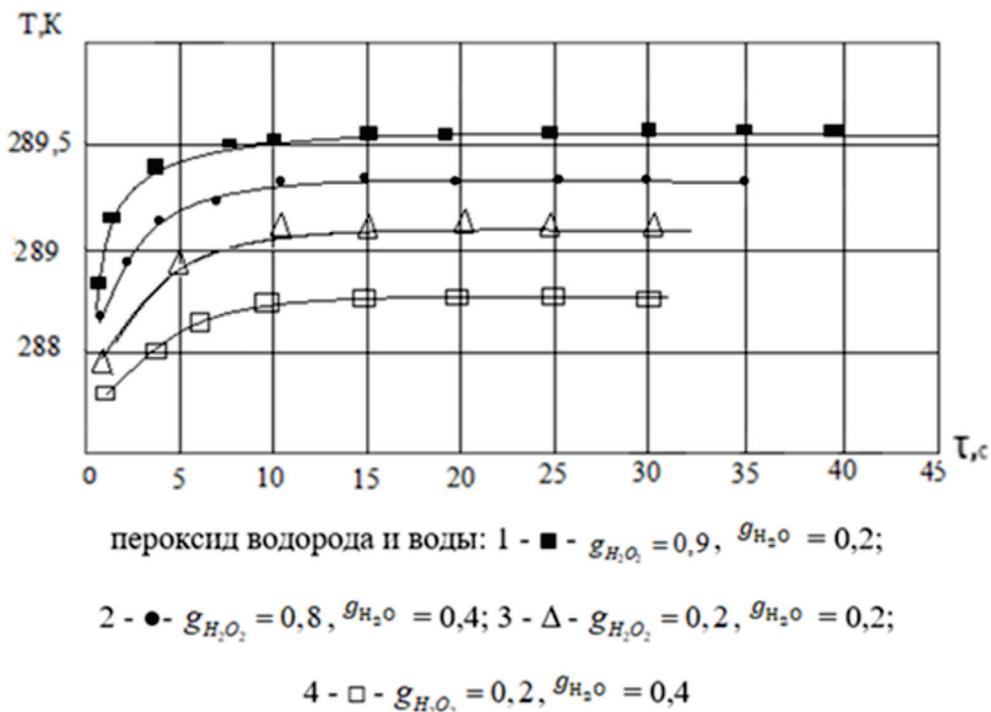


Рисунок 8. Зависимость ΔТ от времени для системы пероксид водорода и воды.

Из анализа результатов, представленных на рисунке 8 видно что, увеличение температуры и времени зависит от доли пероксида водорода (H₂O₂) [15-17,24].

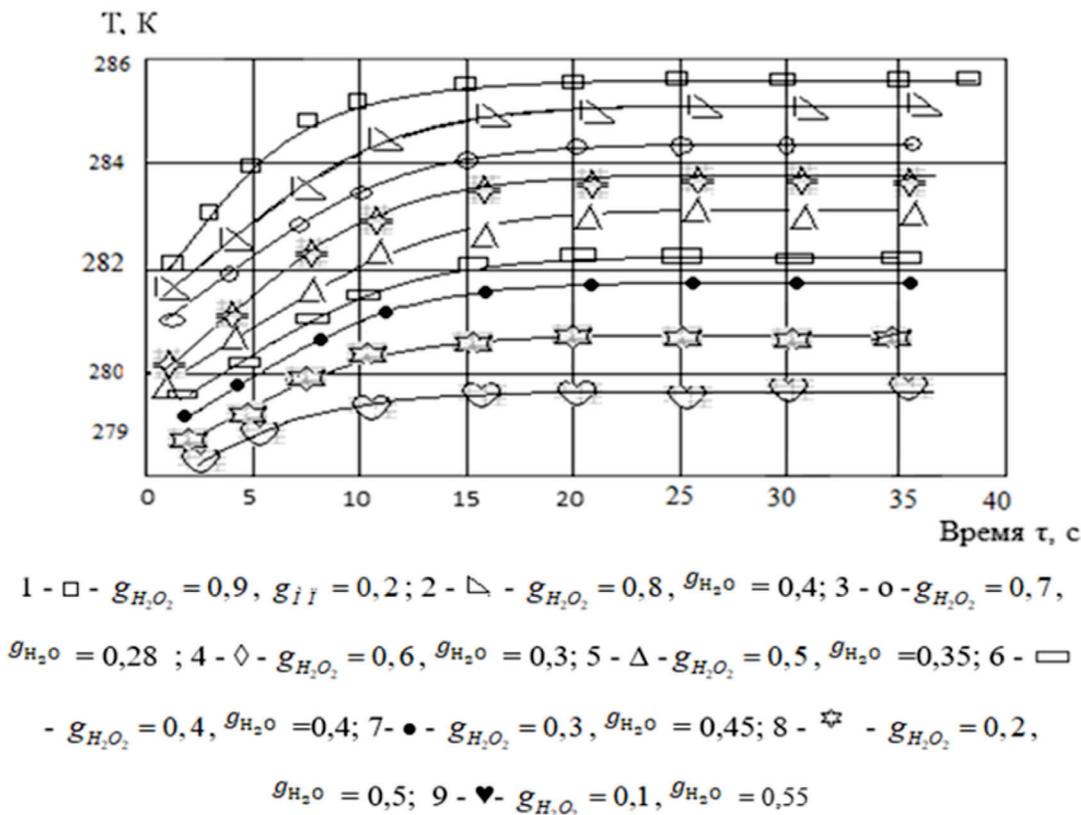


Рисунок 9. Зависимость температуры разложения от доли манганитов.

Как видно из анализа рисунка 9, с увеличением массовой доли магнитного порошка увеличивается температура старения системы пероксида водорода и воды. Время старения исследуемых объектов, температура и давление необходимы для уточнения срока службы материала теплоносителя.

Выводы

1. Важной характеристикой магнитных жидкостей является их свойство менять свои теплофизические, термодинамические и физико-химические свойства под воздействием внешнего магнитного поля. Это свойство может быть использовано в теплообменниках различного типа с целью повышения их эффективности.

2. Большое количество магнитных жидкостей являются смесями с водой или коллоидными растворами воды, которая во многом определяет их свойства. Использование в качестве теплоносителя не чистой воды, а водных растворов, часто приводит к улучшению эксплуатационных характеристик теплообменников. В случае применения в качестве теплоносителя водного раствора пероксида водорода необходимо оценить время его термического разложения с потерей полезных теплофизических свойств, что возможно осуществить методами химической кинетики.

3. В зависимости от концентрации перекиси меняется не только температура замерзания, но и температура кипения и плотность.

4. Для измерения теплоёмкости исследуемых растворов и магнитных жидкостей часто использовался и используется метод монотонного разогрева, основанный на идеях профессора Е.С. Платунова

Литература

1. Теплопроводность жидкостей и газов / Н. Б. Варгафтик [и др.]. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 471 с.
2. Гаджиев, М. А. Теплопроводность спиртов и их водных растворов: автореф. дис. ...канд.

техн. наук: 01.04.14 / Гаджиев Магомед Алиогли. – Баку, 1972. – 27с.

3. Температурные измерения: справочник / Ю.А. Геращенко и др. – Киев: Наук. думка, 1984. – 495 с.
4. Гусейнов, К. Д. Исследование термодинамических свойств ряде кислородо- содержащих органических веществ в широком интервале параметров состояния: дис...д-ра техн. наук: 01.04.14 / Камал Дадашогли Гусейнов. – Баку, 1979. – 392 с.
5. Плотность системы вода + пероксид водорода в зависимости от температуры при атмосферном давлении / Дж. А. Зарипов и др. // Материалы респ. науч. конф. «Проблемы современной координационной химии», посв. 60-летию чл.-кор. АН РТ, д-ра химич. наук, проф. Амиджанова А. А. (14 янв.2011 г.). – Душанбе, 2011. – С. 51–53.
6. Теплофизические и термодинамические свойства двухкомпонентных катализаторов, применяемых в нанотехнологии / Э. Ш. Тауров [и др.] // Вестн. Таджик. нац. ун-та. – 2011. – № 3 (67). – С. 16–23.
7. Термограммы системы лантан – стронций – марганец – кислород ($\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_x$) и пероксид водорода / Дж. А. Зарипов и др. // XIII Рос. конф. по теплофизич. свойствам веществ (с междунар. участием), Новосибирск, 28 июня – 1 июля 2011 г.: тез. докл. – Новосибирск: Ин-т теплофизики СО РАН, 2011. – С. 106 – 107.
8. Использование теплофизических и оптических свойств системы «антифриз + графитовый порошок» для расчета эффективности солнечных коллекторов / М.М. Анакулов и др. // Измерительная техника. – 2012. – № 6. – С. 50–52.
9. Зарипов, Дж. А. Теплоемкость нанопористых порошков системы $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_{3-x}$ / Дж. А. Зарипов, М. М. Сафаров // Тез. докл. республик. науч.-метод. конф. «Современные проблемы физики», посвящен. памяти Заслужен. учителя Тадж ССР Джабарова Г. Д., Душанбе, 2007. – Душанбе, 2007. – С. 118 – 119.
10. Нечаева, О. А. Структурная организация магнитных коллоидов в электрическом и магнитном полях: дис. ... канд. физ.– мат. наук. / О.А. Нечаева. – Ставрополь, 2003. – 120 с.
11. Теплофизические измерения и приборы / Е. С. Платунов [и др.]. – Л.: Машиностроение, 1986. – 256 с.
12. Сафаров, М. М. Теплофизические свойства простых эфиров и водных растворов гидразина и фенилгидразина при различных температурах и давлениях: дис...д – ра техн. наук:

- 01.04.14 / Махмадали Махмадиевич Сафаров – Душанбе, 1993. – 495с.
13. Influence nanotube to exchange specific heat capacity and density power oils and density water solution. / M. M Safarov [et al.] // 23th National and International Meetings on Inverse Problems: abstracts book, USA, Michiga, 6-8 Iona 2010. – Michigan, 2010. – P 314 – 318.
 14. Еськов А.В. Влияние внешнего магнитного поля на теплофизические параметры магнитных жидкостей на основе водных растворов пероксид водорода или этиленгликоля со смесью порошков манганита лантана и тонера для принтеров / Еськов А.В., Зарипов Дж.А. // Сб. науч. трудов по материала междунар. науч.-практ. конф. «Образование и наука: современное состояние и перспективы развития». Часть 5. Тамбов, ООО «Консалтинговая компания Юком» 2014. – С. 58-59.
 15. Arrhenius S. Z. Ueber die Reaktionsgeschwindigkeit bei der Inversion von Rohrzucker durch Säuren // Z. phys. Chem. – 1889. –Vd.4. – S. 226–248.
 16. Балыкин, В. П. Кинетические особенности процесса термической деструкции тетрааминкупросульфата / В. П. Балыкин, Т. Н. Исаева // Термический анализ и калориметрия (RTAC – 2013): сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф., С.-Петербург, 23 – 28 сент. 2013 г. – СПб. : Изд – во Политехн. ун – та, 2013. – С. 39 – 42.
 17. Барбин, Н. М. Термический анализ процесса сжигания радиоактивного графита в расплаве $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-KCO}_3\text{-SnO}_2$ / Н. М. Барбин, А. В. Пешков, В. М. Замятин // Там же. – С. 56 – 58.
 18. Зарипов, Дж. А. Термограммы перекиси водорода и сажи / Дж. А. Зарипов, М. М. Сафаров // Вестник. ТГУ. – 2010. – С. 123–125.
 19. Погодин, В. П. Теплопроводность водных растворов электролитов и некоторые вопросы их строения // Термодинамика и строение растворов: межвуз. сб. – Иваново, 1975. – Вып. 2. – 20с.
 20. Львов, Б. В. Терморазложение твердых и жидких веществ / Б. В. Львов. – СПб. : Изд – во Политехн. ун – та, 2006. – 278 с.
 21. Rastorguev, Ya. L. Experimental study of light water thermal conductivity at high pressures / Ya. L. Rastorguev, V. A. Grigoriev, A. M. Ishchanov // Proc. 8th ICPS. – Paris, 1974. – Vol. 1. – P. 255 – 264.
 22. Самихов, Ш. Р. Кинетика разложения и физико-химическое изучение сульфидно мышьяковых концентратов месторождения Чоре / Ш. Р. Самихов, З. А. Зинченко // Вестник ТНУ. Серия естеств. и техн. науки. – 2012 – №9 . – С. 224 – 227.
 23. Теплофизические измерения и приборы / Е.С. Платунов и др.–Л: Маш. С.1986.-256.
 24. Зарипов Дж. А / Физико-химические и термодинамические свойства смесей водных растворов H_2O_2 или этиленгликоля с магнитным наполнителем в зависимости от температуры, давления, внешнего магнитного поля и кинетика их разложения // ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет Им. И.И. Ползунова». г. Барнаул. - С. 4 - 116

НАТИҶАҶОИ ОМУЌИШИ БУЗУРГИҶОИ ФИЗИКИЮ-ХИМИЯВЌИ, ТЕРМОДИНАМИКЌИ ВА КИНЕТИКИИ ПЕРОКСИДИ ГИДРОГЕН + ОБ + СИСТЕМАИ ХОКАИ МАГНИТЌИ

Зарипов Ҷ.А.^{1,*}, Сафаров М.М.¹, Сафаров П.М.¹

¹Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад.М.С.Осимӣ

*Муаллифи масъул. E-mail: jz-1972@mail.ru

Шарҳи мухтасар. Дар кори мазкур дастгоҳи таҷрибавӣ бо сабти компютери ҳарорати намуна дар шароити гармкунии пайваста ва омузиши зичии системаи об + пероксиди гидроген вобаста ба ҳарорат истифода шудааст. Ҳангоми тадқиқот дар ҳароратҳои аз 298K то 673K гармигунҷоии хос чен карда шуда, қиматҳои таҷрибавии зичии (ρ , кг/м³) об ва маҳлулҳои оби пероксиди гидрогени ((3-100)% H_2O_2) вобаста ба ҳарорат дар фишори атмосфера ҳисоб карда шудааст.

Калидвожаҳо: ҳарорат, зичӣ, вақт, об, пероксиди гидроген, гармигунҷоии хос.

RESULTS OF THE STUDY OF PHYSICOCHEMICAL, THERMODYNAMIC AND KINETIC PARAMETERS OF THE SYSTEM HYDROGEN PEROXIDE + WATER + MAGNETIC POWDER

Zaripov D.A.^{1,*}, Safarov M.M.¹, Safarov P.M.¹

¹Tajik Technical University named after academician M.S.Osimi

*Corresponding author. E-mail: jz-1972@mail.ru

Abstract: This study uses an experimental setup with computer registration of the sample temperature under continuous heating conditions and a study of the density of the system (water + hydrogen peroxide) depending on the temperature. The results of the studies indicated that in temperature range from 298K to 673K, specific heat capacity is observed and the experimental value of the density (ρ , kg / m³) of water and aqueous solutions of hydrogen peroxide of the studied solutions are calculated depending on the temperature at atmospheric pressure (3-100 % H₂O₂).

Keywords: temperature, density, time, water, hydrogen peroxide, specific heat capacity.

Маълумот оид ба муаллифгон. Зарипов Чамшед Абдусаломович. ДТТ ба номи ак. М.С. Осимӣ. номзади илмҳои техникаӣ, дотсент, ш. Душанбе. Факултети энергетика, кафедраи техника ва энергетикаи гармо - и Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад.М.С.Осимӣ, Тел.: (+992) 91 962 3326, E-mail: jz - 1972 @mail.ru; Сафаров Махмадали Махмадиевич Арбоби илм ва техникаи Тоҷикистон, доктори илмҳои техникаӣ, профессори факултаи энергетикаи кафедраи техника ва энергетикаи гармои Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ. Тел.: (+992) 93 163 1585, E-mail: mahmad1@list.ru; Сафаров Парвиз Махмадалиевич – докторант PhD, кафедраи техника ва энергетикаи гармо» - и ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ. Тел.: (+992) 77 711 1321, E-mail: psafarov6@gmail.com.

Сведения об авторах. Зарипов Джамшед Абдусаломович. ТТУ имени ак. М.С. Осими, кандидат технических наук, доцент. г. Душанбе, энергетический факультет, кафедра теплотехники и теплоэнергетики Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими, Тел.: (+992) 91 962 3326, E-mail: jz - 1972 @ mail.ru; Сафаров Махмадали Махмадиевич, заслуженный деятель науки и техники Таджикистана, д.т.н., профессор кафедры теплотехники и теплоэнергетики Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими. Тел.: (+992) 93 163 1585, E-mail: mahmad1@list.ru; Сафаров Парвиз Махмадалиевич – докторант PhD кафедры теплотехники и теплоэнергетики ТТУ им. академик М.С.Осими. Тел.: (+992) 77 711 1321, E-mail: psafarov6@gmail.com.

Information about the authors. Zaripov Jamshed Abdusalomovich. TTU named after ak. M.S. Osimi. Candidate of Technical Sciences, professor. Dushanbe. Faculty of Power Engineering, Department of Technology and Heat Power Engineering, Tajik Technical University Tel.: (+992) 91 962 3326, E-mail: jz-1972@mail.ru; Safarov Mahmadali Mahmadiyevich. Honored Scientist and Technologist of Tajikistan, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Energy Faculty of the Department of Heat Engineering and Heat Power Engineering of the Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi. Tel.: (+992) 93 163 1585, E-mail: mahmad1@list.ru; Safarov Parviz Mahmadalievich – PhD student of the Department of Thermal Engineering and Thermal Power Engineering of TTU. Academician M.S. Osimi. Tel.: (+992) 77 711 1321, E-mail: psafarov6@gmail.com.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСТВОРОВ СИСТЕМЫ ВОДА+ДИМЕТИЛКЕТОН В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ

Сафаров П.М.^{1,*}

¹Таджикский технический университет им. акад. М. С. Осими

*Автор-корреспондент. E-mail: psafarov6@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматриваются гидравлические и теплофизические характеристики растворов системы вода + диметилкетон в зависимости от концентрации (от 0,5 до 2,5%), температуры и давления. Проведённые эксперименты позволили выявить влияние концентрации диметилкетона на теплофизические свойства растворов, таких как теплопроводность и вязкость. Особое внимание уделено изменению этих характеристик при изменении давления, что имеет важное значение для технологических процессов в химической и нефтехимической отраслях. Установлено, что добавки диметилкетона на 2,5% в питательной воде тракты теплоэлектроцентрали при атмосферном давлении увеличивают вязкость на 6,96%, а теплопроводность - на 3,2%. Полученные экспериментальные данные способствуют лучшему пониманию поведения сложных жидких систем и может быть полезна для дальнейших исследований в области физической химии и инженерии.

Ключевые слова: питательная вода, диметилкетон, теплоэлектроцентраль, метод нагретой нити.

Введение

Изучение гидравлических и теплофизических свойств растворов является важной областью научных исследований, поскольку эти свойства играют ключевую роль в различных промышленных процессах и приложениях. В частности, растворы воды и диметилкетона представляют интерес благодаря своим уникальным физико-химическим характеристикам, которые изменяются в зависимости от температуры и давления.

Диметилкетон часто используется в химической промышленности, и его взаимодействие с водой может приводить к образованию растворов с особыми гидродинамическими свойствами. Понимание зависимости этих свойств от внешних условий, таких как температура и давление, имеет значительное значение для оптимизации процессов смешивания, теплообмена и транспорта веществ.

В данной статье будут рассмотрены и проанализированы экспериментальные данные по теплопроводности, полученные при различных температурах и давлениях, что позволит выявить закономерности

и сделать выводы о поведении данных систем в реальных условиях.

Цель исследования

Целью данного исследования является детальный анализ зависимости гидравлических и теплофизических свойств от концентрации диметилкетона и давления, что поможет не только в теоретическом понимании процессов, но и в практическом применении полученных данных для разработки эффективных технологий в различных отраслях.

Гидравлические и теплофизические характеристики жидкостей играют ключевую роль в различных областях науки и техники, включая химию, инженерное дело и экологию. Одной из интересных исследуемых систем является раствор системы питательная вода-диметилкетон при изменении концентрации от 0,1 до 2,5% второго компонента, обладающая уникальными свойствами, которые могут значительно изменяться в зависимости от концентрации компонентов и давления. В данной работе мы сосредоточимся на изучении гидравлических характеристик растворов системы питательная вода + диме-

тилкетон в зависимости от концентрации и давления.

Теплопроводность растворов является обязательным параметром, определяющим скорость передачи тепла через систему. Исследование теплопроводности растворов водно-диметилкетона является актуальным, поскольку эти растворы широко используются в различных отраслях промышленности, например, в производстве лаков, красок, пластиков и лекарственных препаратов. Влияние давления на теплопроводность растворов вода-диметилкетон изучено недостаточно.

Гидравлические характеристики растворов питательная вода-диметилкетон (ДМК) в конденсатно-питательном тракте теплоэлектроцентрали могут быть важными для оптимизации процессов теплообмена и циркуляции. Вот несколько ключевых аспектов:

1. *Вязкость растворов:* вязкость растворов вода-ДМК будет зависеть от концентрации ДМК. Обычно при повышении концентрации вязкость увеличивается, что может влиять на расход и давление в трубопроводах.

2. *Плотность:* плотность таких растворов также меняется с изменением концентрации. Это влияет на гидравлическое сопротивление и, следовательно, на насосные характеристики.

3. *Теплопроводность:* ДМК имеет отличные теплофизические свойства, что может быть полезно для улучшения теплообмена в системе.

4. *Скорость потока:* оптимизация скорости потока в трубопроводах критична для предотвращения кавитации и обеспечения эффективного теплообмена.

5. *Потери давления:* важно учитывать потери давления на изгибах, фитингах и в зонах турбулентности, которые могут увеличиваться при использовании растворов с высокой вязкостью.

6. *Коррозионные свойства:* ДМК может влиять на коррозионные характери-

стики материала трубопроводов, что следует учитывать при выборе материалов для системы.

Для точного моделирования гидравлических характеристик необходимо проводить экспериментальные исследования и использовать соответствующие модели, учитывающие особенности растворов:

Изменение вязкости: с увеличением концентрации ДМК вязкость раствора возрастает, что приводит к увеличению сопротивления и потерь давления в трубопроводах. Это может потребовать более мощных насосов для поддержания необходимого потока.

Плотность раствора: плотность раствора изменяется с изменением концентрации ДМК, что влияет на расчёты гидравлических параметров, таких как напор и расход. Увеличенная плотность может привести к снижению объёмного расхода.

Оптимизация скорости потока: для обеспечения эффективного теплообмена и предотвращения кавитации важно поддерживать оптимальные скорости потока. Высокие скорости могут вызывать турбулентность и повышенные потери давления.

Теплопроводность: ДМК может улучшать теплообмен благодаря своим теплофизическим свойствам, что может повысить эффективность работы теплоэлектроцентрали и снизить затраты на энергоресурсы.

Коррозионные свойства: Раствор ДМК может влиять на коррозионную активность среды, поэтому выбор устойчивых материалов для трубопроводов и оборудования имеет критическое значение.

Экспериментальная часть

Целью данной работы является экспериментальное исследование изменения теплопроводности растворов системы вода-диметилкетон от давления ($P=0,1-7,5\text{МПа}$) и изменение концентрации диметилкетона от 0,1 до 2,5% масс.

Для проведения эксперимента использовалась установка, позволяющая измерять теплопроводностью исследуемых растворов методом нагретой нити с погрешностью $\pm 3,2\%$. В качестве образцов использовались растворы воды-диметилкетона с различными концентрациями диметилкетона (чистой воды, 0,1, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5%), и при выборе различных температур ($T = 283-473\text{K}$). Схема экспериментальной установки, работающей методом нагретой нити, приведена на рис. 1. Установка, которая изображена на рис.1, имеется в филиале МГУ имени М.В. Ломоносова, запатентована профессором М.М. Сафаровым и его учениками (Малый патент РФ- № ТУ 923, -Душанбе,-2017-5с) [1].

Основными элементами данного устройства являются вакуумный насос и манометр, посредством краника соединенных с внутренним сосудом измерительной трубки, которая в свою очередь установлена в сосуде с термостатирующей жидкостью (внешний сосуд). Во внутреннем сосуде размещён нагреватель, находящийся в последовательном соединении с источником постоянного питания, затем с постоянным резистором, ампер- и вольтметром. Вольтметр имеет параллельное соединение с источником и резистором. В установке предусмотрен сосуд из нержавеющей стали, заполняемый образцом. Сосуд с помощью трубки через краники соединён с полиэтиленовым мешочком, который установлен в заполненном глицерином прижимном сосуде, имеющем трубчатое соединение с грузопоршневым манометром.

В качестве прототипа принята установка (П.С.Булкин, О.Н. Васильева, Т.И. Малова, Я.В. Пузырев. Изучение явления переноса в воздухе. МГУ им. В.И. Ломоносова. Физический факультет. Общий физический практикум. Москва. 2007 г.) [2], служащая для исследования теплопроводности газов, состоящей из вакуумного

насоса и манометра. Вакуумный насос и манометр имеют соединение с внутренним сосудом трубки измерительной. Измерительная трубка также размещена в сосуде с термостатирующей средой. В качестве термостатирующей среды автором использован воздух. Во внутреннем сосуде помещён никелевый нагреватель в виде проволоки, замыкающей электрическую цепь. Нагреватель имеет последовательное соединение с источником питания, резистором, ампер- и вольтметром. Вольтметр имеет параллельное соединение с источником и резистором.

Основным отличием прототипа от предложенного нами устройства является отсутствие возможности исследования газов, а также реализация опытов при комнатной температуре и атмосферном давлении.

Техническое решение, а именно дополнительное оснащение установки прижимным сосудом с полиэтиленовым мешочком и грузопоршневым манометром позволило достигнуть желаемого результата (рис. 1).

Установка имеет следующие основные элементы: нержавеющая стальная ёмкость 1 с образцом 2, которая трубкой 3 и кранами К1 и К2 соединена с мешочком полиэтиленовым 4. Прижимной сосуд 5, который содержит глицерин 6, имеет трубчатое соединение с грузопоршневым манометром 7 (МП-2500 или МП-600). К соединительной трубке, между ёмкостью 1 и прижимным сосудом 5, посредством кранов К3 и К4 соединены вакуумный насос 8 и манометр М. Данный манометр имеет соединение и с внутренним сосудом 9, установленным во внешнем 10 с термостатирующей средой 11. Внутренний сосуд снабжён никелевым нагревателем 12 в виде проволоки замкнутой электроцепи. Нагреватель имеет последовательное соединение с источником питания 13, резистором 14, ампер- А и вольтметром V. Вольтметр имеет ещё и параллельное

соединение с источником питания 12 и резистором 13.

Устройство работает следующим образом.

Предварительно заполняется образцом ёмкость 1 и термостатирующей средой внешний сосуд. После подключения электрической цепи к току по показаниям вольт- и амперметра устанавливают мощность нагревателя при комнатной температуре и атмосферном давлении:

$$W=IU \quad (1)$$

где, W-мощность (Вт); I-сила тока (А); U- напряжение (В).

Краны K_1 , K_2 и K_4 переводятся в закрытое положение и насосом 7 выполняют вакуумные системы для полного стечения образца исследования (давлением $\approx 10^{-3}$ мм.рт.ст.). Затем при закрытом положении крана K_1 открывают кран K_3 , что способствует полному перетеканию образца в полиэтиленовый мешочек и внутренний сосуд измерительной трубки. Затем краны K_3 и K_1 вновь перекрывают и в электрическую цепь подает ток.

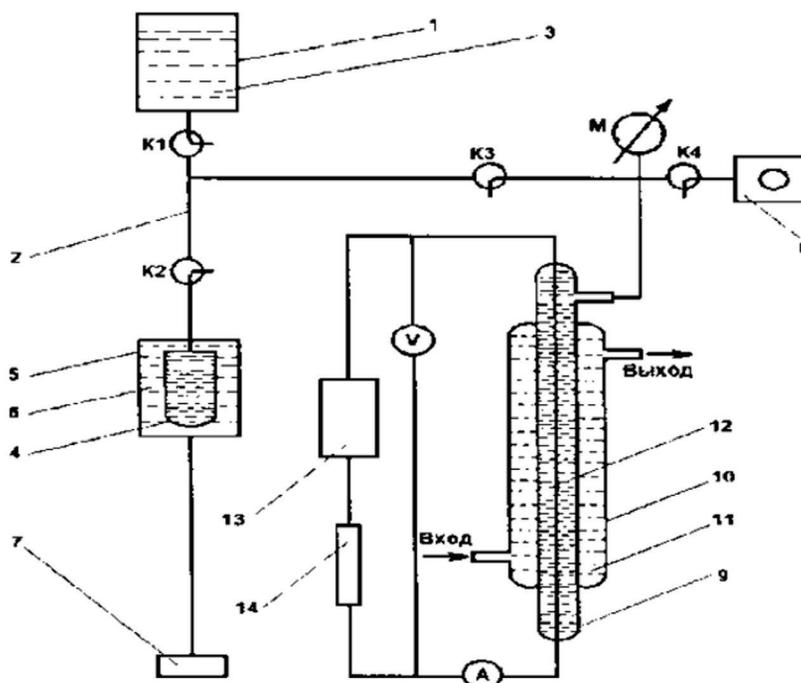


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки для измерения теплопроводности наножидкостей методом нагретой нити [1].

С учётом используемой термостатирующей среды 10 поэтапно во времени нагревают нагревательный элемент 11: воздух каждые ~ 10 мин до температуры 50°C , воду- каждые ~ 5 мин - до 100°C и масло каждые ~ 5 мин до 200°C . Параллельно грузопоршневым манометром повышают и давление на образец каждые $4,9\text{МПа}$.

Формулой (1) определяют температурную зависимость мощности нагревате-

ля, а по формуле (2) – его сопротивление тоже рассчитывается в зависимости от температуры. По формуле (2) определяется температура в измерительной ячейке

$$R=R_0(I+\alpha(T-T_0)) \quad (2)$$

где, R- сопротивление никелевой проволоки (Ом); R_0 - сопротивление никелевой проволоки при комнатной температуре (Ом); α - коэффициент температурной зависимости от сопротивления (1/К); T_0 -

комнатная температура (К); T - температура опыта при пошаговом нагреве (К).

По значениям мощности и удельного сопротивления нагревателя, установив разность температур, вычисляется коэффициент теплопроводности образца [2]:

$$\lambda_{cp} = \frac{Win \frac{(T_1)}{T_2}}{2\pi L(T_1 - T_2)}. \quad (3)$$

где, λ_{cp} – коэффициент теплопроводности образца [Вт/(м.К)], W – мощность никелевого нагревателя (Вт); $T_1 - T_0$ – разность температур (К); L – длина проводника (м); r_0 – радиус никелевого нагревателя (мм); r_1 – внутренний радиус внешнего цилиндра (мм) [2, 3 - 9]:

$$\lambda = \frac{R_1 cm \delta}{2} \quad (4)$$

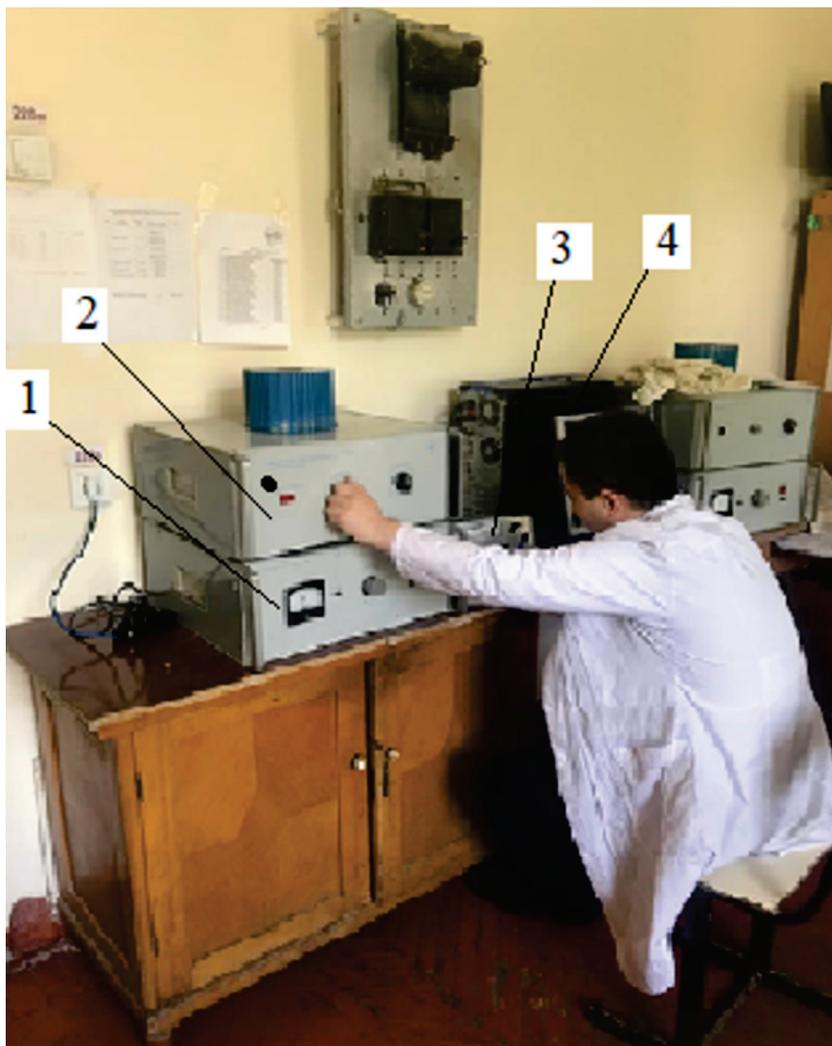


Рисунок 2. Время проведения опыта с экспериментальной установкой: 1-нагревательная часть; 2-измерительная часть; 3-микровольтамперметр; 4-персональный компьютер.

Результаты исследования

Результаты исследования показывают, что теплопроводность растворов вода-диметилкетон увеличивается с ростом давления. Влияние давления на теплопроводность зависит от молярной концентрации диметилкетона.

При низкой концентрации диметилкетона зависимость теплопроводности от давления практически линейная. Результаты экспериментального исследования этих изучаемых растворов приведены в табл. 1-6 и рис. 2.

Таблица 1. Теплопроводность ($\lambda \cdot 103$, Вт/(м·К)) обычной воды при различных температурах и давлениях.

P, МПа	Температура, К						
	283	298	323	348	373	423	473
0,1	565	608	644	667	-	-	-
0,5	566	608	645	667	679	682	-
1,0	567	609	645	667	679	682	-
2,5	567	609	645	668	680	683	664
5,0	568	610	646	669	682	685	666
7,5	569	611	647	670	683	687	669

Таблица 2. Теплопроводность ($\lambda \cdot 103$, Вт/(м·К)) обычной воды с добавлением в неё 0,5% массовой концентрации порошка диметилкетона при различных температурах и давлениях.

P, МПа	Температура, К						
	283	298	323	348	373	423	473
0,1	562	610	646	669			
0,5	568	610	647	669	681	684	
1,0	569	611	647	669	682	684	
2,5	569	611	647	670	683	685	666
5,0	570	612	648	671	684	687	668
7,5	571	613	649	672	685	689	671

Таблица 3. Теплопроводность ($\lambda \cdot 103$, Вт/(м·К)) обычной воды с добавлением в неё 1,0% массовой концентрации порошка диметилкетона при различных температурах и давлениях.

P, МПа	Температура, К						
	283	298	323	348	373	423	473
0,1	562	610	646	669			
0,5	568	610	647	669	681	684	
1,0	569	611	647	669	682	684	
2,5	569	611	647	670	683	685	666
5,0	570	612	648	671	684	687	668
7,5	571	613	649	672	685	689	671

Таблица 4. Теплопроводность ($\lambda \cdot 103$, Вт/(м·К)) обычной воды с добавлением в неё 1,5% массовой концентрации порошка диметилкетона при различных температурах и давлениях.

P, МПа	Температура, К						
	283	298	323	348	373	423	473
0,1	568	617	654	676			
0,5	574	617	655	677	687	690	
1,0	576	618	656	678	689	692	
2,5	577	618	657	679	690	694	673
5,0	578	619	658	680	692	695	674
7,5	579	620	659	683	694	698	678

Таблица 5. Теплопроводность ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м·К)) обычной воды с добавлением в неё 2,0% массовой концентрации порошка диметилкетона при различных температурах и давлениях.

P, МПа	Температура, К						
	283	298	323	348	373	423	473
0,1	571	620	657	680			
0,5	577	621	660	682	690	696	
1,0	579	622	662	690	692	698	
2,5	580	623	664	691	694	704	678
5,0	581	624	666	694	696	707	684
7,5	582	624	667	697	699	710	698

Таблица 6. Теплопроводность ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м·К)) обычной воды с добавлением в неё 2,5% массовой концентрации порошка диметилкетона при различных температурах и давлениях.

P, МПа	Температура, К						
	283	298	323	348	373	423	473
0,1	579	625	663	685			
0,5	582	626	665	688	694	699	
1,0	584	627	668	690	696	698	
2,5	586	629	669	693	699	708	683
5,0	589	630	671	694	701	711	688
7,5	590	632	674	698	704	715	695

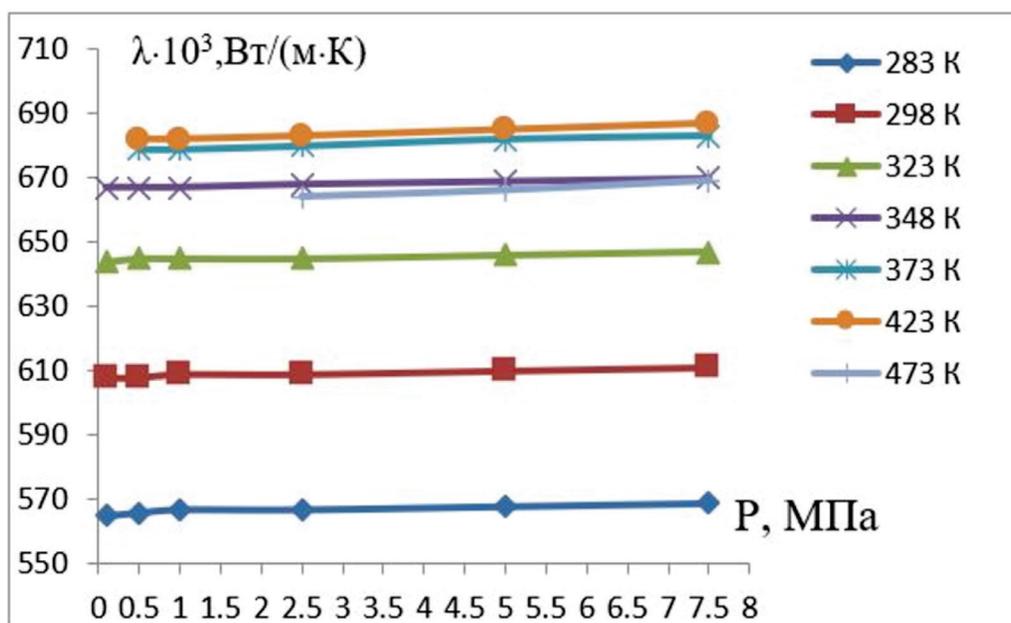


Рисунок 3. Теплопроводность ($\lambda \cdot 10^3$, Вт/(м·К)) обычной воды порошка диметилкетона при различных температурах и давлениях.

Обсуждение результатов

Как видно из табл. 1-6 и рис. 3 теплопроводность исследуемых растворов системы вода+порошок диметилкетона в

зависимости от давления увеличивается. Увеличение теплопроводности растворов с ростом давления может привести к изменению плотности раствора и повыше-

нию частоты столкновений между молекулами. Исследование молярного состава порошка диметилкетона на зависимость теплопроводности от давления связано с особенностями межмолекулярных взаимодействий в растворе. При низкой концентрации порошка диметилкетона преобладают водородные связи между молекулами воды, которые обуславливают линейную зависимость теплопроводности от давления. При более высоких концентрациях порошка диметилкетона водородные связи ослабляются, и межмолекулярные взаимодействия становятся менее направленными, что приводит к нелинейной зависимости теплопроводности от давления.

С целью расчёта теплопроводности исследуемых растворов нами были обработаны таблицы по теплопроводности исследуемых растворов 1-6 и рис. 3 методом закона термодинамического подобия и закона соответственных состояний следующим образом: в качестве примера приведём для одной концентрации, то есть для чистой воды + 2,0% нанопорошка диметилкетона:

$$\frac{\lambda}{\lambda_1} = f\left(\frac{P}{P_1}\right) \quad (5)$$

где здесь λ и λ_1 – соответственно теплопроводность исследуемых объектов при P и P_1 ; $T_1=2,5\text{МПа}$.

Выполнимость функциональной зависимости (5) графически показана на рис. 4.

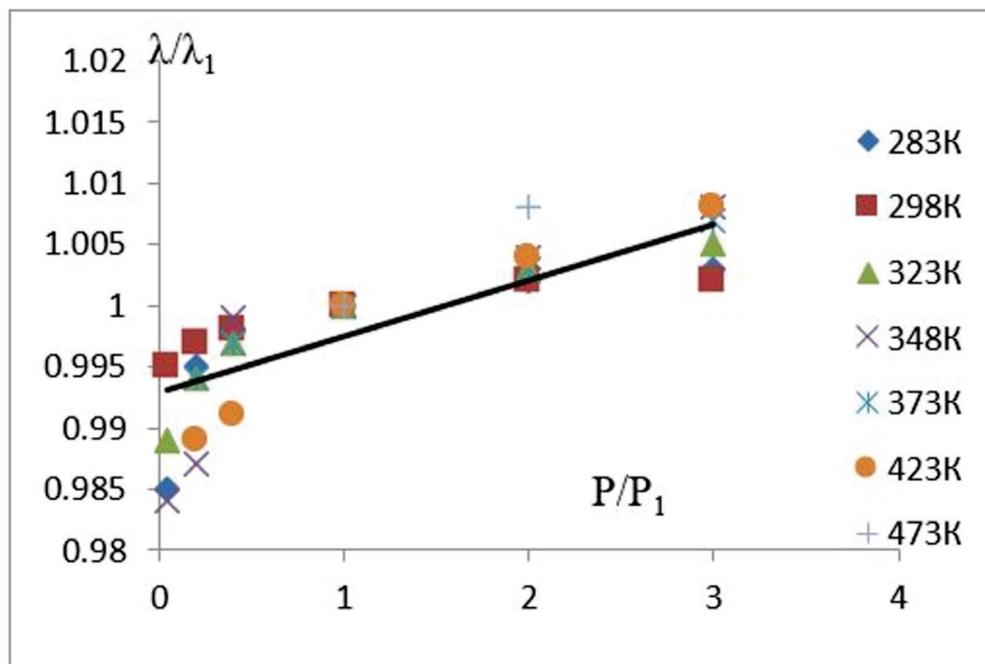


Рисунок 4. Зависимости относительной теплопроводности ($\frac{\lambda}{\lambda_1}$) от относительной температуры ($\frac{P}{P_1}$) для образца чистой воды+2,0% порошка диметилкетона при различных температурах и давлениях.

В результате нами было получено уравнение в следующем виде:

$$\lambda = (ax^2 + bx) \cdot \lambda_1 \quad (4)$$

Коэффициенты уравнения (6) для всех исследуемых образцов приведены на табл. 7.

Таблица 7. Коэффициенты уравнения (7).

Образцы	Коэффициенты	
	<i>a</i>	<i>b</i>
Чистой воды	0,002	0,9984
0,5	0,0019	0,9982
1,0	0,0015	0,9987
1,5	0,003	0,9966
2,0	0,0046	0,9929
2,5	0,0052	0,992

С помощью полученного уравнения (6) можно рассчитать тепло-проводность исследуемых растворов (0,5-2,5%) порошка диметилкетона с погрешностью до 4%, а для некоторых точек эта погрешность достигает до 5,5%.

Выводы

Проведённое исследование показало, что теплопроводность растворов системы вода-диметилкетон увеличивается с ростом давления. Влияние давления на теплопроводность зависит от концентрации порошка диметилкетона. Установлено, что добавки диметилкетона на 2,5% в питательной воде тракты теплоэлектроцентрали при атмосферном давлении увеличивают вязкость на 6,96%, а теплопроводность - на 3,2%. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации процессов, связанных с переносом тепла в растворы вода-порошок диметилкетона (от 0,1 до 2,5%).

Литература

1. Сафаров, М.М. Устройства для определения коэффициента теплопроводности наножидкостей / М. М. Сафаров, М.А. Зарипова М.М. Гуломов, Дж.Ф. Собиров, С.С. Рафиев, Д.Ш. Раджабова, А.Р. Раджабов. и др.// Патент Республики Таджикистан,- № ТЖ 923, -Душанбе,-2017.-5с.
2. Булкин, П.С., Васильева О.Н., Малова, Т.И., Пузырев Я.В. Изучение явлений переноса в воздухе. МГУ им. В.И. Ломоносова. Физический факультет. Общий физический практикум. Москва. 2007 г.-9с.
3. Абас-заде, А.К. О теплопроводность нефтяных масел и их смесей. Азербайджанское нефтяное хозяйство. / А. К. Абас-заде, А. А. Гильманов. //-1964. № 1.-С.36-38.
4. Александров, А.А. Скелетная таблица удельного объема воды и водяного пара. Справочный материал // Теплоэнергетика.1987. № 3.-С.71-77.
5. Dietz, F.J., de Groot J. J., and Franck E.U. The Thermal Conductivity of water to 250 °C and 350 MPa // Ber. Bunsenges. Phys. Chem. 1981. V. 85, No. 11.- P. 1005-1009.
6. Амирханов, Х.И., Адамов А. П., Магомедов У. Б. Экспериментальное исследование теплопроводности воды при температурах 30-200°C и давлениях 98,2-686,5 МПа / В сб. Теплофизические свойства веществ и материалов / ГСССД. М.: Изд-во стандартов. 1984. Вып. 21. -С.35-39.
7. Григорьев, Б.А., Ганиев Ю. А., Сафронов Г. А., Ишханов А. М., Расторгуев Ю. Л. Теплопроводность обычной и тяжелой воды и водных растворов не электролитов: Госстандарт, ВНИЦ МВ. М.: Изд-во стандартов. 1985. - 64 с.
8. Амирханов, Х.И., Адамов А. П., Магомедов У. Б. Таблицы рекомендуемых справочных данных. Вода. Теплопроводность воды в диапазоне температур 25-200°C и давлений 100-400 МПа / Всесоюзный научно-исследовательский центр по материалам и веществам Госстандарта СССР. М., 1987.- 10 с. Деп. в ВНИИТИ 10.06.87, № 370-кк. 87.
9. Григорьев, Б.А., Григорьев Ё. Б., Ишханов А. М. Теплопроводность воды в зависимости от температуры и плотности при высоких давлениях. Часть 1: Оборонный комплекс- научно-техническому прогрессу России. 2001. №3.- С.55-61.

ХОСИЯТҲОИ ГИДРАВЛИКӢ ВА ГАРМОФИЗИКИИ МАҲЛУҶҲОИ ОБИ ДИМЕТИЛКЕТОН ВОБАСТА БА ҲАРОРАТ ВА ФИШОР

Сафаров П.М.^{1,*}

¹Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад.М.С.Осимӣ

*Муаллифи масъул. E-mail: psafarov6@gmail.com

Шарҳи мухтасар. Дар мақолаи мазкур хосиятҳои гидравликӣ ва гармофизикии маҳлуҷҳои системаи об + диметилкетон вобаста ба консентратсия (аз 0,5 то 2,5%), ҳарорат ва фишор баррасӣ карда мешаванд. Тадқиқоти гузарондашуда имкон доданд, ки таъсири консентратсияи диметилкетон ба хосиятҳои гармофизикии маҳлуҷҳо, монанди гармигузаронӣ ва часпаки муайян карда шавад. Ба тағйирёбии ин хосиятҳо бо тағйир ёфтани фишор диққати махсус дода мешавад, ки ин барои равандҳои технологияи саноати химия ва нафтӣ химия аҳамияти калон дорад. Муқаррар карда шуд, ки ҳангоми илова намудан ба оби таъминоти истигоҳҳои барқу ҳароратӣ то 2,5% диметилкетон дар фишори атмосферӣ часпакиро ба 6,96% ва гармигузарониро ба 3,2% зиёд мекунад. Ин тадқиқот ба беҳтар шудани ҳолати системаҳои мураккаби моеъ мусоидат мекунад ва метавонанд барои тадқиқоти минбаъда дар соҳаи химияи физикӣ ва техника муфид бошанд.

Калидвожаҳо: оби таъминотӣ, диметилкетон, истигоҳи барқу-гармидиҳӣ, усули ноқили тафсон.

HYDRAULIC AND THERMOPHYSICAL CHARACTERISTICS OF WATER + DIMETHYLKETONE SYSTEM SOLUTIONS DEPENDING ON TEMPERATURE AND PRESSURE

Safarov P.M.^{1,*}

¹Tajik Technical University named after academician M.S.Osimi

*Corresponding author. E-mail: psafarov6@gmail.com

Abstract. Abstract: This article discusses the hydraulic and thermophysical characteristics of water + dimethyl ketone solutions depending on concentration (from 0.5 to 2.5%), temperature and pressure. The experiments revealed the effect of dimethyl ketone concentration on the thermophysical properties of solutions, such as thermal conductivity and viscosity. Particular attention is paid to the change in these characteristics with pressure, which is important for technological processes in the chemical and petrochemical industries. It was found that the addition of 2.5% dimethylketone to feedwater in the heat and power plant at atmospheric pressure increases viscosity by 6.96% and thermal conductivity by 3.2%. These studies contribute to a better understanding of the behavior of complex liquid systems and may be useful for further research in the field of physical chemistry and engineering.

Keywords: feedwater, dimethyl ketone, combined heat and power plant, hot filament method.

Маълумот оид ба муаллиф. Сафаров Парвиз Маҳадалиевич – доктор PhD кафедраи «Техника ва энергетикаи гармо»-и ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ. Тел.: (+992) 77 711 1321, E-mail: psafarov6@gmail.com.

Сведения об авторе. Сафаров Парвиз Махмадалиевич – докторант PhD кафедраи «Тепло-техника и теплоэнергетика» ТТУ им. академика М.С.Осими. Тел: (+992) 77 711 1321, E-mail: psafarov6@gmail.com.

Information about the author. Safarov Parviz Mahmadalievich – PhD student of the Department of Thermal Engineering and Thermal Power Engineering of TTU. academician M.S.Osimi. Tel: (+992) 77 711 1321, E-mail: psafarov6@gmail.com.

ВЛИЯНИЕ ВЯЗКОСТИ РАСТВОРОВ СИСТЕМЫ ВОДА + ДИМЕТИЛКЕТОН НА КОНДЕНСАТНО-ПИТАТЕЛЬНЫЕ ТРАКТЫ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ

Сафаров П.М.¹, Зарифзода М.А. (Зарипова М.А.)^{1*}, Файзова М.А.²

¹Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими

²Бохтарский государственный университет имени Носири Хусрав

*Автор-корреспондент. E-mail: mohira.zaripova@list.ru

Аннотация. На данной статье приведено исследование влияния вязкости растворов системы вода + диметилкетон (от 0,5% до 3,0%) на конденсатно-питательные тракты теплоэлектроцентрали. С этой целью проведено анализ вязкостных свойств растворов чтобы обеспечить оптимальную работу оборудования и повысить общую эффективность. Изучение вязкости растворов системы вода+диметилкетон показало, что как температура, так и концентрация оказывают значительное влияние на вязкость. Результаты исследования показали, что вязкость исследуемых объектов с ростом температуры (293-373К) при атмосферном давлении уменьшается на 2,55%, а с повышением давления (0,099-24,3МПа) увеличивается при комнатной температуре на 9,54%, а при температуре $T=373K$ растет на 28,95%. Изменение концентрации второго компонента от 0-3,0% вязкость исследуемых растворов увеличивается на 34,75%.

Ключевые слова: вязкость, концентрация, диметилкетон, температура, теплоэлектроцентраль, конденсатно-питательный тракт.

Введение

Вязкость характеризует реологические свойства, то есть служит мерой густоты, текучести жидкости. Она отражает величину внутреннего трения частиц жидкости. Вязкость — одна из важнейших физических характеристик любой жидкости. Области применения и возможности использования масла определяются, помимо прочего, вязкостью. Тем не менее, сама по себе вязкость не является показателем качества масла. Она описывает лишь возможность создания определенной смазочной пленки между двумя элементами пары трения.

Вязкость является важнейшей физико-химической и технической характеристикой вещества в жидком и газообразном состояниях и одним из самых труднодоступных для высокоточного эксперимента параметров, особенно в областях низких и высоких температур и давлений. Однако теоретически обоснованных, полученных из первых принципов, простых уравнений для расчета и описания экспериментальных данных, а также для их экстраполя-

ции в малоизученную и труднодоступную области измерений нет, за исключением молекулярной теории вязкости разреженного и умеренно плотного газа. Что касается молекулярной теории вязкости жидкости и плотного газа (см., например, работы [1,2]), полученные расчетные формулы настолько сложны и неудобны, что оказываются по существу непригодными для практического использования. В связи с этим для описания экспериментальных данных по вязкости жидкостей используются грубые модельные теории для получения расчетных формул, такие как активационная теория жидкости и теория свободного объема [3]. Как правило, расчетные формулы, полученные в этих моделях, описывают зависимость коэффициента вязкости от параметров состояния на весьма ограниченных участках термодинамической поверхности. Для описания экспериментальных данных по вязкости в достаточно широком интервале параметров состояния в настоящее время широко используются эмпирические зависимости вязкости как функции

температуры и концентрации, в то время как измеряемая в эксперименте вязкость зависит, как правило, от температуры и давления, что приводит к необходимости привлечения уравнений состояния жидкости.

Влияние вязкости растворов системы вода + диметилкетон на конденсатно-питательные тракты теплоэлектроцентрали может быть значительным. Рассмотрим несколько ключевых аспектов.

1. Вязкость растворов влияет на эффективность перекачки. Увеличение вязкости может привести к повышению давления в трубопроводах, что может потребовать использования более мощных насосов и увеличить затраты на электроэнергию.

2. Вязкость также влияет на теплопередачу в теплообменниках. Более вязкие растворы могут снижать скорость теплообмена, что может привести к снижению общей эффективности системы.

3. Высокая вязкость может способствовать образованию кавитации в насосах, что приведет к повреждению оборудования и снижению надежности системы.

4. В зависимости от концентрации диметилкетона и других компонентов, может происходить образование осадков или наслоений, что будет ухудшать работу системы и требовать дополнительных затрат на очистку.

5. Увеличение вязкости может привести к снижению коэффициента теплопередачи, что негативно отразится на эффективности теплообменных процессов.

6. Параметры, такие как температура и давление, также будут оказывать влияние на вязкость раствора, и эти условия должны учитываться при проектировании систем.

7. В итоге, важно проводить анализ вязкостных свойств растворов при проектировании и эксплуатации теплоэлектроцентрали, чтобы обеспечить оптимальную работу оборудования и повысить общую эффективность.

Таким образом, понимание влияния вязкости растворов на конденсатно-питательные тракты теплоэлектроцентрали в зависимости от температуры является важным для обеспечения надежной и эффективной работы оборудования.

Экспериментальная часть

Для экспериментального исследования динамической вязкости водных растворов системы вода + диметилкетон с изменением концентрации диметилкетона от 0,5 до 3,0% нами была использована экспериментальная установка, реализующая метод, при котором капилляр внесен в зону высоких температур, а стеклянный вискозиметр со ртутью – в зону комнатной температуры.

Профессором Голубевым И.Ф. была разработана установка для измерения вязкости жидкостей и растворов [4], в которой в качестве системы создания и измерения давления был использован U-образный жидкостный манометр. В использованной нами установке этот манометр был заменен на пережимной сосуд высокого давления. Кроме того, в установке Голубева И.Ф. капиллярный вискозиметр находился внутри автоклава, а в нашей разработке измерительный капилляр был вынесен наружу. Такая конструкция позволяет облегчить измерение времени истечения жидкости в капиллярном вискозиметре, а также произвести опыт при значительно высоких температурах относительно установки профессора Голубева И.Ф. Внутренняя полость автоклава была хромирована, что позволило избежать коррозии автоклава и обеспечить чистоту исследуемых жидкостей.

Экспериментальная установка в основном состоит из вискозиметрического прибора, системы термостатирования, создания и измерения температуры, системы создания, поддержания и измерения давления, схемы автоматического измерения времени истечения и пережимного сосуда [5].

Результаты исследования

С этой целью мы изучали вязкость системы вода + диметилкетона с изменением концентрации второго компонента от 0,1 до 3,0% в зависимости от температуры при атмосферном давлении.

Результаты экспериментального исследования исследуемых объектов в зависимости от температуры при атмосферном давлении приведены на табл. 1 и графически показано на рис. 1 и 2.

Таблица 1. Вязкость системы вода + диметилкетона с изменением концентрации второго компонента от 0,1 до 3,0% в зависимости от температуры при атмосферном давлении.

Т, К	Объекты						
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
293	1,002	1,018	1,036	1,055	1,075	1,077	1,100
303	0,798	0,815	0,833	0,852	0,872	0,874	0,897
313	0,653	0,669	0,687	0,706	0,726	0,728	0,751
323	0,547	0,563	0,581	0,600	0,620	0,622	0,645
333	0,467	0,483	0,485	0,504	0,524	0,526	0,549
343	0,404	0,420	0,438	0,454	0,474	0,476	0,499
353	0,355	0,371	0,389	0,408	0,428	0,430	0,453
363	0,315	0,331	0,349	0,368	0,388	0,390	0,413
373	0,282	0,298	0,316	0,335	0,355	0,357	0,380

Объекты: №1-чистая вода; №2-($H_2O+0,5\%C_3H_6O$); №3-($H_2O+1,0\%C_3H_6O$); №4-($H_2O+1,5\%C_3H_6O$); №5-($H_2O+2,0\%C_3H_6O$); №6-($H_2O+2,5\%C_3H_6O$); №7-($H_2O+3,0\%C_3H_6O$)

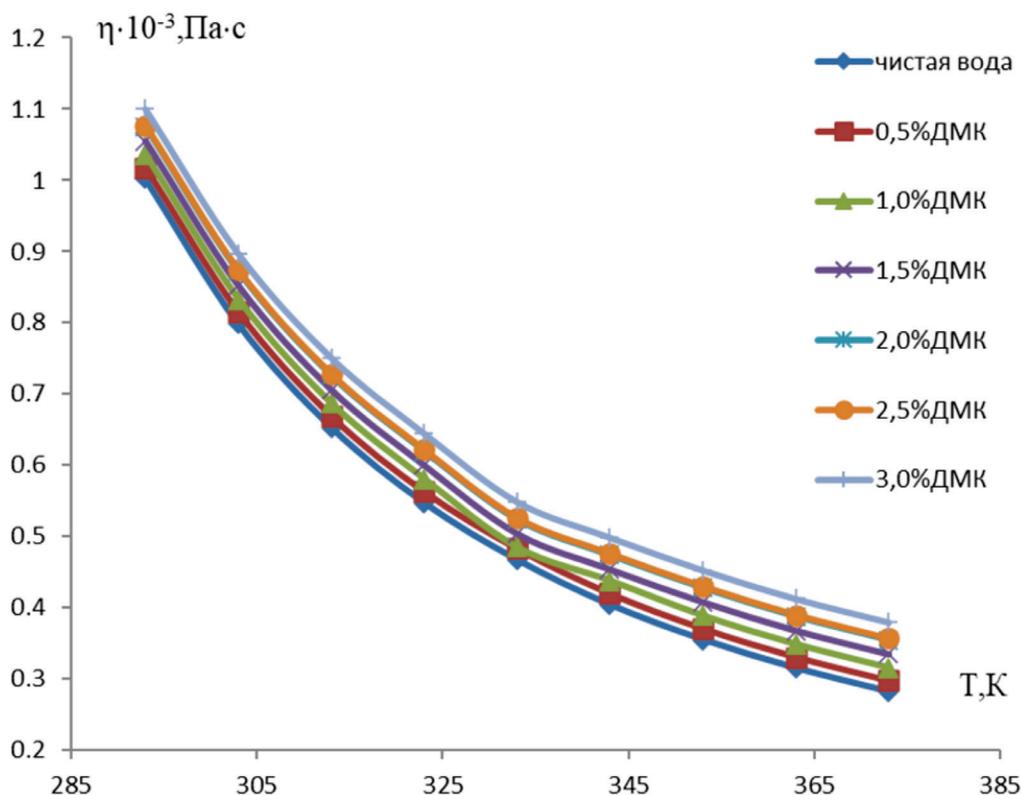


Рисунок 1. Вязкость системы вода + диметилкетона в зависимости от температуры при атмосферном давлении.

Вязкость жидкостей — один из ключевых параметров, влияющих на их физико-химические свойства и поведение в различных процессах. В данной статье рассматривается вязкость растворов системы вода + диметилкетон (ДМК) при концентрациях от 0,1% до 3,0% в зависимости от температуры при атмосферном давлении.

Вязкость описывает сопротивление жидкости течению и зависит от взаимодействия молекул. Для систем, состоящих из двух компонентов, таких как вода и диметилкетон, вязкость может варьиро-

ваться в зависимости от их концентрации и температуры.

Как видно и рис. 2 с увеличением температуры наблюдается снижение вязкости растворов, что обусловлено увеличением кинетической энергии молекул и снижением силы межмолекулярных взаимодействий. При низких концентрациях (0,1%-1,0%) вязкость меняется незначительно, однако с увеличением концентрации до 3,0% вязкость возрастает, что связано с увеличением взаимодействий между молекулами ДМК и воды.

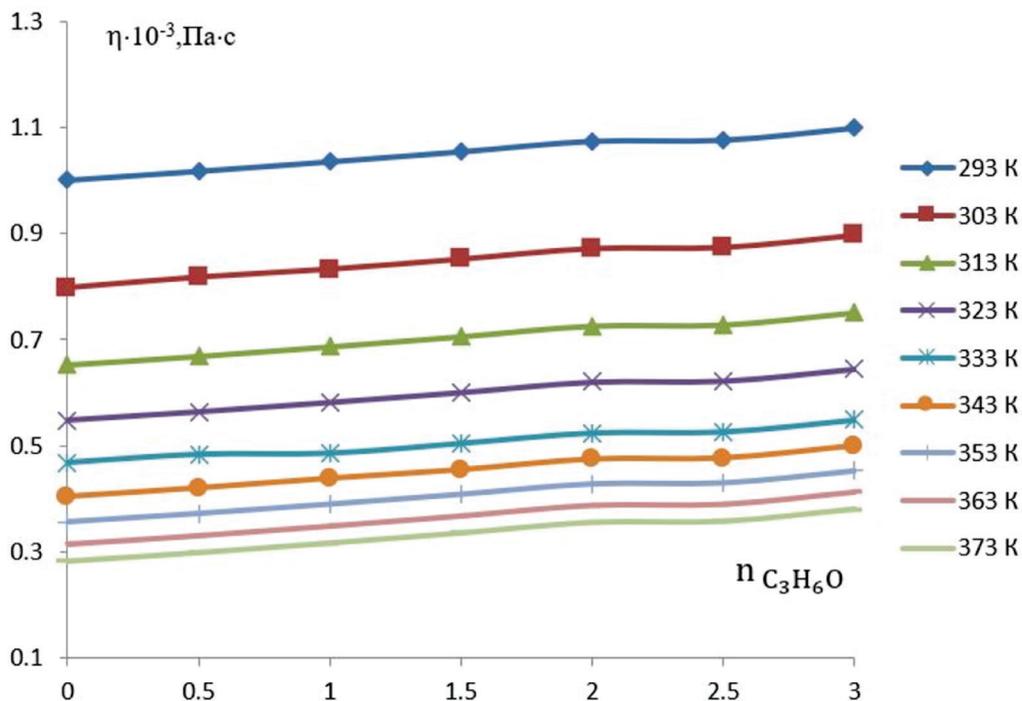


Рисунок 2. Вязкость системы вода + диметилкетона в зависимости от концентрации второго компонента и температуры при атмосферном давлении.

Результаты исследования показали, что вязкость исследуемых объектов с ростом температуры (293-373К) при атмосферном давлении уменьшается на 2,55%, а с повышением давления (0,099-24,3МПа) увеличивается при комнатной температуре на 9,54%, а при температуры $T=373\text{К}$ растет на 28,95%. Изменение концентрации второго компонента от 0-3,0% вязкость исследуемых растворов увеличивается на 34,75%.

Обсуждение результатов

В теплоэлектроцентралях (ТЭЦ) конденсатно-питательные тракты (КПТ) играют ключевую роль в поддержании циркуляции воды и пара в системе. Вязкость рабочих жидкостей в этих трактах существенно влияет на эффективность теплообмена, транспортировку и процессы теплообслуживания. Когда в систему добавляются органические растворители, такие как диметилкетон (ДМК), который

может быть использован для улучшения термодинамических свойств или других целей, важно учитывать, как изменение вязкости раствора будет сказываться на работе КПТ.

Вода и диметилкетон могут образовывать неидеальные растворы, что приводит к изменению их физических свойств, включая вязкость. Это может существенно повлиять на циркуляцию и эффективность работы насосов, теплообменников, а также на теплофизические характеристики системы. Рассмотрим, как вязкость таких растворов может отразиться на работе конденсатно-питательных трактов.

Вязкость является важной характеристикой, которая влияет на потери давления в трубопроводах и эффективность насосных установок. Вязкость раствора воды и диметилкетона будет зависеть от концентрации ДМК, а также от температуры.

При повышении температуры вязкость большинства жидкостей, включая растворы, снижается. Это связано с тем, что молекулы вещества начинают двигаться быстрее, что облегчает их скольжение друг относительно друга. Однако, для растворов, состоящих из воды и диметилкетона, при определенных концентрациях ДМК, изменения вязкости могут быть нелинейными, что обусловлено особенностями молекулярных взаимодействий между компонентами.

Влияние концентрации ДМК

Низкие концентрации ДМК в водных растворах могут незначительно увеличить вязкость по сравнению с чистой водой, поскольку молекулы органического растворителя могут воздействовать на структуру воды, вызывая увеличение вязкости.

При увеличении концентрации ДМК вязкость раствора может изменяться в зависимости от состава смеси. В некоторых случаях, если раствор становится более идеальным, вязкость может оставаться

примерно постоянной, а в других — увеличиваться из-за более сложных молекулярных взаимодействий.

Влияние вязкости на насосы и трубопроводы КПТ

Конденсатно-питательные тракты ТЭЦ обеспечивают циркуляцию воды от конденсатора к бойлерам и другим элементам системы. Повышенная вязкость растворов может существенно повлиять на работу этих систем:

Потери давления в трубопроводах: увеличение вязкости раствора приведет к увеличению сопротивления течению, что потребует больших усилий для циркуляции жидкости через трубопроводы и насосы. Это приведет к повышению потерь давления в системе.

Требования к насосам: насосы должны быть спроектированы с учетом увеличенной вязкости, иначе они могут не обеспечить необходимую производительность или перегреться из-за повышенной нагрузки. Для обеспечения требуемого потока жидкости с увеличенной вязкостью может понадобиться использование насосов с большей мощностью или выбор насосов, способных работать с более вязкими жидкостями.

Влияние вязкости на теплообмен в КПТ: теплообменники в КПТ отвечают за охлаждение конденсата и подогрев питательной воды, используя тепло от пара, циркулирующего в системе. Вязкость растворов напрямую влияет на теплообмен.

Высокая вязкость замедляет движение жидкости, уменьшая скорость потока и увеличивая толщину пограничного слоя, что снижает коэффициент теплопередачи. В результате теплообмен в теплообменниках становится менее эффективным. Это также означает, что для поддержания эффективного теплообмена может потребоваться использование большего теплообменного оборудования или увеличение площади поверхности теплообмена. Высокая вязкость может привести к уве-

Натиҷаҳои тадқиқот нишон дод, ки часпакии объектҳои тадқиқишуда бо баланд шудани ҳарорат (293-373 К) дар фишори атмосферӣ ба 2,55% кам шуда, бо зиёд шудани фишор (0,099-24,3 МПа) дар ҳарорати хона ба 9,54% ва дар ҳарорати $T=373\text{K}$ ба 28,95% меафзояд. Тағйир додани консентратсияи компоненти дуюм аз 0 - 3,0%, часпакии маҳдудҳои тадқиқишаванда ба 34,75% меафзояд.

Калидвожаҳо: часпакӣ, консентратсия, диметилкетон, ҳарорат, нерӯгоҳи барқу гармидиҳӣ, шохроҳи конденсатӣ-таъминотӣ.

INFLUENCE OF VISCOSITY OF SOLUTIONS OF THE WATER + DIMETHYL KETONE SYSTEM ON CONDENSATE-FEED PATHS OF A COMBINED POWER PLANT

Safarov P.M.¹, Zarifzoda M.A. (Zaripova M.A.)^{1,*}, Fayzova M.A.²

¹Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi,

²Bokhtar State University named after Nosiri Khusrav

*Corresponding author. E-mail: mohira.zaripova@list.ru

Abstract. This article presents a study of the effect of viscosity of solutions of the water + dimethyl ketone system (from 0.5% to 3.0%) on the condensate feed paths of a combined heat and power plant. For this purpose, an analysis of the viscosity properties of the solutions was carried out to ensure optimal operation of the equipment and increase overall efficiency. The study of the viscosity of solutions of the water + dimethyl ketone system showed that both temperature and concentration have a significant effect on viscosity. The results of the study showed that the viscosity of the objects under study decreases by 2,55% with increasing temperature (293-373K) at atmospheric pressure, and increases by 9,54% with increasing pressure (0,099-24,3 МПа) at room temperature, and increases by 28,95% at a temperature of $T = 373\text{K}$. Changing the concentration of the second component from 0-3,0%, the viscosity of the solutions under study increases by 34,75%.

Keywords: viscosity, concentration, dimethyl ketone, temperature, combined heat and power plant, condensate feed line.

Маълумот оид ба муаллифон. Сафаров Парвиз Махмадалиевич – докторанти кафедраи “Техника ва энергетикаи гармо” –и ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ. Тел.: (+992) 77 711 1321, E-mail: safarov6@gmail.com; Зарифзода Моҳира Абдусалом (Зарипова Моҳира Абдусаломовна) – доктори илмҳои техникӣ, дотсент, иҷрокунандаи вазифаи профессори кафедраи “Техника ва энергетика”-и ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ Тел.: (+992) 93 181 5711, E-mail: mohira.zaripova@list.ru; Файзова Мунира Алимардоновна - омӯзгори кафедраи физикаи умумии Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав. Тел.: (+992) 90 799 6367, E-mail: munira.fayzova@internet.ru.

Сведения об авторах. Сафаров Парвиз Махмадалиевич – докторант PhD кафедраи «Теплотехника и теплоэнергетика» ТТУ им. академик М.С.Осими. Тел.: (+992) 77 711 1321, E-mail: psafarov6@gmail.com; Зарифзода Моҳира Абдусалом (Зарипова Моҳира Абдусаломовна) – доктори техникаи наук, доцент, и.о. профессор кафедраи «Теплотехника и теплоэнергетика» ТТУ им. акад.М.С.Осими. Тел.: (+992) 93 181 5711, E-mail: mohira.zaripovs@list.ru; Файзова Мунира Алимардоновна – преподаватель кафедраи «Общая физика» Бохтарского государственного университета имени Носири Хусрав. Тел.: (+992) 90 799 6367, E-mail: munira.fayzova@internet.ru.

Information about the authors. Safarov Parviz Makhmadalievich – PhD student of the Department of Heat Engineering and Thermal Power Engineering of TTU named after academician M.S. Osimi. Tel.: (+992) 77 711 1321, E-mail: psafarov6@gmail.com; Zarifzoda Mohira Abdusalom (Zaripova Mohira Abdusalomovna) – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Acting Professor of the Department of Heat Engineering and Thermal Power Engineering of TTU named after academician M.S. Osimi. Tel.: (+992) 93 181 5711, E-mail: mohira.zaripova@list.ru; Faizova Munira Alimardonovna – lecturer of the Department of General Physics of Bokhtar State University named after Nosiri Khusrav. Tel.: (+992) 90 799 6367, E-mail: munira.fayzova@internet.ru.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ В ТАДЖИКИСТАНЕ

Кариева Ф.А.¹, Боев М.Р.^{1,*}, Эмомов К.Ф.¹, Абдуллаева П.Н.¹

¹Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана

*Автор-корреспондент. E-mail: muhammad93@internet.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема создания и реализации зеленых стандартов применительно к местным условиям. В современном мире, когда во многих регионах обостряются проблемы окружающей среды, возникают сложности с производством жизненно важных ресурсов и вопросы экологического контроля строительства являются как никогда актуальными. В конце XX века появились первые международные стандарты "зеленого" строительства, которые сейчас активно используются в развитых странах по всему миру, что дает свои положительные результаты. В нашей стране данная сфера начала активно развиваться сравнительно недавно, однако необходимость национального экологического стандарта строительства становится с каждым годом все более очевидной. Сложности проявляют себя в отсутствии единой системы оценки качества проектирования в градостроительной сфере.

Ключевые слова: зеленое строительство, экологический стандарт, экологическое сертифицирование, инновации, ресурсосбережение, строительное законодательство.

Введение

Вопросы экологического контроля в современных условиях становятся все более актуальными в следствии деятельности человека происходят негативные изменения в природной среде, истощаются ресурсы, исчезают растения и животные. Эти тенденции привели к необходимости создания единых стандартов рационального освоения ресурсов и строительства объектов с учетом наиболее оптимальных требований.

Для применения экологических стандартов оценки здания встречаются множество требований, касающихся расположения объекта потребления энергоресурсов и воды, экологичность используемых при строительстве материалов, создания удобных и приятных условий для жителей. В ходе суммирования этих критериев объекту выставляется оценка в зависимости от количества набранных баллов.

Структурированными и влиятельными сегодня наиболее в мире являются системы стандартов BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method – утвержден в Великобритании в 1990), LEED (The

Leadership in Energy and Environmental Design – США, 1998), SB-Tool (Канада, 2007), DGNB (Deutsch Gesell schaft für Nachhaltiges Bauen – Германия, 2009), Green Star (Австралия, 2003) [1-8].

Во многих развитых странах учет экологических стандартов является обязательным условием для оценки качества объекта.

В Германии наиболее успешно развивается регулирование в сфере эффективного энергопотребления. Уже более пятнадцати лет действует система сертификатов, получаемых разработчиками. Это позволило создать понятную и прозрачную систему баллов.

В России вопросы зеленого законодательства в строительной сфере регулируются на всех уровнях управления, начиная с федерального и заканчивая муниципальным, это позволяет своевременно вносить необходимые изменения в законопроекты и влиять на нормативы зеленого строительства. Принят проект национального стандарта РФ ГОСТ Р 54964-2012.

В нашей стране пока ведется работа по разработке стандарта зеленой сертификации. В 2015 году центр экологической

стандартизации и сертификации принял проект стандартизации, который несмотря на существование этих разработок, многие разработчики ориентируются на европейские экостандарты.

Применение стандартов в Таджикистане

С нашей точки зрения система BREEAM зарекомендовала себя как наиболее надежную и многофакторную систему. В BREEAM большое внимание уделяется сбережению ресурсов и использованию возобновляемых источников энергии, рациональному использованию отходов и вышедших из эксплуатации элементов объекта, отсутствию вредных испарений, восстановлению поврежденных экологических территорий. Значительное место в системе оценки уделено удобству и комфорту. BREEAM является довольно универсальной системой экологической оценки, однако она использует различные версии для отдельных стран.

Система BREEAM дает разностороннюю оценку по таким критериям как энергетические затраты на строительство и планируемое потребление энергии объектом, политика управления, включая строительство объекта, производственную безопасность и безопасность дальнейшей эксплуатации. Довольно подробно рассмотрен транспортный вопрос: начиная от воздействия транспорта на окружающую среду при строительстве и заканчивая планированием дальнейшей транспортной нагрузки на близлежащую территорию.

Другими важными составляющими является контроль водных ресурсов, количество и качество строительных материалов, утилизация отходов, размер и площадь используемой при строительстве земли. Сертификация производится в соответствии с пятью возможными оценками, в зависимости от набранных баллов.

Стандарт LEED является наиболее приемлемым в основном для американ-

ских реалий строительства. Этот стандарт включает в себя соответствие требованиям эффективного использования источников энергии, включенное в систему критериев "EnergyStar". Большое значение имеет соответствие территориальным условиям строительства, что означает учет специфики местной среды, использование местной флоры для дизайна и т. д. Строительство не должно вестись вблизи экологических зон, что дает дополнительные баллы.

В стандарте DGNB уклон делается в сторону более прагматического и узкого взгляда на реализацию проекта строительства. Наибольшее значение имеет безопасность и надежность, скорость и эффективность работ, экономия ресурсов, утилизация отходов. В отличие от иных систем, здесь меньшее значение уделяется непосредственно заботе об окружающей среде и регламентированию допустимых зон строительства. Большое значение придается дизайнерской составляющей, культурному контексту.

Стандарт для малоэтажного зеленого строительства CAP-СПЗС включает в себя архитектурные решения. По многим признакам этот стандарт похож на немецкий DGNB. В перспективе создание единого экологического стандарта должно учитывать не только необходимость в высокотехнологичных и экологически чистых материалах, но и учет местной культурной специфики.

По итогам сертификации присваивается один из четырех возможных результатов в зависимости от степени соответствия стандартам.

Использование экологических стандартов при разработке будущего объекта как правило приводит к существенному удорожанию необходимых работ. В целом, в разных случаях можно говорить о 5–15%, однако эти издержки окупаются уже через несколько лет эксплуатации здания за счет сниженного потребления

электричества, затрат на отопление. Таким образом, разработчики получают значительную выгоду от использования зеленых стандартов при строительстве объектов, что отражается в увеличении добавленной стоимости.

В нашей стране экоразработчики пока находятся на ранней стадии развития в силу большого количества факторов. Планирование с учетом зеленых стандартов требует не только финансовых вложений в высококачественные материалы, которые порой приходится искать за рубежом, но также и дополнительного времени, штата сотрудников, способных выполнить необходимые исследования. Значительным препятствием может стать сбор необходимой документации, привлечение заинтересованных инвесторов.

Экологические перспективы развития, содержащиеся в «Национальной стратегии развития Республики Таджикистан на период до 2030 года» не могут быть рассмотрены в качестве предложения по созданию национального экостандарта. Пока все ограничивается скорее благопожеланиями, среди них: налаживание экологичного производства, улучшение условий для специалистов.

Выводы и рекомендации

Для того чтобы кардинально изменить ситуацию нужна государственная помощь, выражающаяся в принятии новых законопроектов в вопросах экологии и зеленого строительства, льготах при его кредитовании, облегченной системе страхования, уменьшения цен на недвижимость и сопутствующие услуги для покупателей, снижение налогов и другие стимулирующие меры.

Зеленое строительство должно стать важной частью инновационных преобразований на рынке недвижимости и увеличить приток инвестиций. Нельзя игнорировать мировой опыт в этой сфере, тем более что уже на данный момент существуют программы экологического

сертификации, которые показали на практике свою высокую эффективность. Зеленое строительство является перспективной сферой развития, с долгосрочными целями, в основе которого – десятилетия комфортной и эффективной эксплуатации зданий.

Экологическими инновациями являются те, которые снижают вредное влияние на окружающую среду. Таким образом, можно сказать, что внедрение зеленых стандартов строительства является важнейшим элементом развития инновационной промышленности, направленной на долгосрочную общественную выгоду, а не сиюминутный доход.

Разработка и внедрение в реальное производство стандартов "зеленого" строительства, как видно из практики развитых стран существенно стимулирует развитие бизнеса и повышает уровень инвестиций в высокотехнологичное строительство.

Для эффективного внедрения этих инноваций необходимо диверсифицировать экономику, изменить налоговую политику в отношении вредного для природной среды производства, связанного как правило с добычей полезных ископаемых и их обработкой. В то же время следует снизить налоги на высокотехнологичное и экологически чистое производство новых материалов.

Сложностью является так же то, что в Таджикистане на данный момент нет единой системы законов для проектирования градостроительной деятельности. Создатели зеленого стандарта строительства вынуждены ссылаться на зарубежную практику, что приводит к определенным трудностям.

На данный момент регулируется сфера энергосбережения, в то время как таким вопросам как экологически чистая переработка отходов и их отдельный сбор, сокращение потребления водных ресурсов и его рационализация, микроклимат

объектов не уделяется должного внимания.

На наш взгляд значительную роль в развитии "зеленых" стандартов в Таджикистане должны сыграть СМИ, сделав идеи экологической эффективности доступными для широких масс населения.

На данный момент развитию экоразработчика способствует закон энергосбережения от 23 апреля 2002 года, № 260, однако этого мало и для развития экоразработчика государство должно перейти к целенаправленному, программному поощрению посредством соответствующей налоговой политики и льгот.

Популяризация зеленого строительства среди населения повлияет так же и на активность местных органов власти, сделав их более инициативными в контроле экологически важных проектов. Социальный спрос на развитие экологических стандартов даст толчок к появлению новых центров обучения и специалистов. Важно проводить больше конференций, посвященных проблемам экостроительства, создавать новые исследовательские центры.

Важным является осознание обществом и властью, что совершенствование и активное использование стандартов зеленого строительства положительно влияет на развитие бизнеса, его динамику, рост и развитие. Экологические стандарты способствуют экономии финансовых

средств во время эксплуатации объектов недвижимости, а повышение уровня качества реализуемых объектов создает привлекательный инвестиционный климат, в том числе и для привлечения иностранных инвестиций.

Литература

1. Агапова К. Сертификация зданий по стандартам LEED и BREEAM в России // Здания высоких технологий, 2013.
2. Бобылев С.Н., Захаров В.М. «Зеленая» экономика и модернизация. Эколого-экономические основы устойчивого развития // На пути к устойчивому развитию России. – 2012. – № 60.
3. Бушуев В.В., Голубев В.С., Тарко А.М. Индикаторы социоприродного развития российских регионов. М.: «ИАЦ Энергия», 2004.
4. Грабовый П.Г. Сервейинг и профессиональный разработчик недвижимости: теория, практика: в 3 ч. Ч. 1. Управленческий модуль системы сервейинга и его развитие: Монография / 2-е изд., (эл.) – МИСИ-МГСУ, 2017.
5. Гусева Т.В., Панкина Г.В., Петросян Е.Р. Зеленые стандарты: современные методы экологического менеджмента в строительстве // Компетентность. 2012. О № 8 (99).
6. Максимов С.Н. Разработчик как способ реализации проектов развития недвижимости // Проблемы современной экономики. – 2012. – № 3.
7. Миндзаева М.Р., Горгорова Ю.В. Сравнительный анализ зарубежных стандартов экологического строительства и их влияние на формирование российских экостандартов // Инженерный вестник Дона. 2013. Т. 27. № 4.
8. Сухинина Е.А. Сравнительный анализ международных экологических стандартов в строительстве // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. Серия: Политематическая. 2014. № 1 (31). Ст. 10.

МУШКИЛОТ ВА ОЯНДАИ ИСТИФОДАИ СТАНДАРТҶОИ ЭКОЛОҒИ ДАР ТОҶИКИСТОН

Қориева Ф.А.¹, Боев М.Р.^{1,*}, Эмомов К.Ф.¹, Абдуллаева П.Н.¹

¹Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

*Муаллифи масъул. E-mail: muhammad93@internet.ru

Шарҳи мухтасар: Дар мақола мушкилоти таҳия ва татбиқи стандартҳои сабз дар робита бо шароити маҳаллӣ баррасӣ карда мешавад. Дар ҷаҳони муосир, вақте мушкилоти экологӣ дар бисёр минтақаҳо бадтар шуда, дар истеҳсоли захираҳои ҳаётан муҳим мушкилот ба миён меоянд, масъалаҳои назорати экологии сохтмон аз ҳарвақта беитар аҳамият доранд. Дар охири асри XX аввалин стандартҳои байналмилалии сохтмони «сабз» пайдо шуданд, ки ҳоло дар кишварҳои пешрафтаи ҷаҳон ғаёлона истифода мешаванд, ки натиҷаҳои мусбӣ медиҳанд. Дар кишвари мо ин соҳа нисбатан ба наздикӣ ба таври ғаъ-

ол инкишоф ёфт, аммо зарурати стандарти миллии сохтмони экологӣ сол то сол равишантар мегардад. Мушкилиҳо дар сурати мавҷуд набудани системаи ягонаи арзёбии сифати тарҳрезӣ дар баҳиши шахрсозӣ зоҳир мешаванд.

Калидвожаҳо: бинои сабз, стандарти экологӣ, сертификатсияи экологӣ, навоварӣ, сарфаи захираҳо, қонунгузори сохтмон, навоварӣ.

PROBLEMS AND PROSPECTS OF APPLYING ENVIRONMENTAL STANDARDS IN TAJIKISTAN

Karieva F.A.¹, Boev M.R.^{1*}, Emomov K.F.¹, Abdullaeva P.N.¹

¹Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan

*Corresponding author. E-mail: muhammad93@internet.ru

Abstract. This article examines the problems and prospects of creating and implementing green standards in Tajikistan. In the modern world, when in many regions environmental problems are exacerbated, difficulties arise in the production of vital resources, and the issues of environmental control of construction are more relevant than ever. At the end of the twentieth century, the first international standards of "green" construction appeared, which are now widely adopted in developed countries around the world, yielding positive results. In Tajikistan, this field began to develop actively in recent years, but the need for a national environmental standard of construction is becoming increasingly evident. This study analyzes the trends in the application of international "green" standards (BREEAM, LEED, DGNB), the prospects and problems of their implementation in the environment, as well as milestones in the creation of a national environmental standard.

Keywords: green building, environmental standard, environmental certification, innovation, resource efficiency, sustainable construction.

Маълумот оид ба муаллифон. Кариева Фарангис Абдурахимовна – номзоди илмҳои биологӣ, котиби илми Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, E-mail: karaeva-27@mail.ru; Боев Рамазон Дамдорович – докторанти(PhD) курси дууми Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, E-mail: muhammad93@internet.ru, Эмомов Каримҷон Файзиддинович – н.и.т., х.к.и. Лабораторияи сифати об ва экология, E-mail: imomov-08@mail.ru, Абдуллоева Парвина Нуруллоевна - Институти водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, младший научный сотрудник отдела гидротехнических сооружений. Тел: +992 906555562, E-mail: tj_water@mail.ru.

Сведения об авторах. Кариева Фарангис Абдурахимовна – кандидат биологических наук, ученый секретарь Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, E-mail: karaeva-27@mail.ru, Боев Рамазон Дамдорович – докторант (PhD) 2 курса специальности экологии ИВПГЭ и Э НАНТ, E-mail: muhammad93@internet.ru; Эмомов Каримҷон Файзиддинович – к.т.н., с.н.с. Лаборатории качества воды и экологии, E-mail: imomov-08@mail.ru; Абдуллоева Парвина Нуруллоевна - Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, младший научный сотрудник отдела гидротехнических сооружений. Тел: +992 906555562, E-mail: tj_water@mail.ru.

Information about the authors. Karieva Farangis Abdurahimovna - doctor of biological sciences, science secretary of Institute of water problems, hydropower and ecology of Nationality Academy of sciences of Tajikistan, E-mail: karaeva-27@mail.ru ; Boev Ramazon Damdorovich – doctoral student (PhD) 2 years of Institute of water problems, hydropower and ecology of Nationality Academy of sciences of Tajikistan, E-mail: muhammad93@internet.ru; Emomov Karimjon Faiziddinovich - doctor of technical sciences, senior researcher of the laboratory water quality and ecology, E-mail: imomov-08@mail.ru; Abdullaeva Parvina Nurulloevna - Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, junior researcher in the department of hydraulic structures. Tel: +992 906555562, E-mail: tj_water@mail.ru.

ПЕРЕРАБОТКА ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

МУССЕ Смаила Рауфу¹, Абдусамиев Ф.Т.²,
Бахриев С.Х.^{2,*}, Давлатшоев С.К.²

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Государственный университет по землеустройству", кафедра геоэкологии и природопользования (г. Москва)

²Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана

*Автор-корреспондент. E-mail: bahriev@mail.ru

Аннотация. Проблема утилизации органических отходов, особенно в городах, становится всё более актуальной. Одним из перспективных методов решения этой проблемы является использование биогазовых генераторов, которые позволяют получать метан из органических отходов. В данной статье мы рассмотрим особенности переработки (метаногенеза) органических отходов с преобладанием содержания целлюлозы листвы городских деревьев и остатков пищевых отходов городских структур общественного питания при психрофильном режиме работы биогазового генератора.

Ключевые слова: органические отходы, утилизация, пищевые отбросы, переработка, метаногенез, биогазовый генератор, целлюлоза, листва деревьев, психрофильный режим.

Введение

В условиях Таджикистана, где климат отличается высокими температурами и солнечной активностью, использование биогазовых установок непрерывного действия является эффективным решением получения биометана и органических удобрений для сельского хозяйства из органических отходов [1,2,3]. Проблема утилизации органических отходов, особенно в городах, становится всё более актуальной. Одним из перспективных методов решения этой проблемы является использование биогазовых генераторов, которые позволяют получать метан и органические удобрения из органических отходов городских свалок. Нами рассмотрены особенности метаногенеза (переработки) органических отходов с преобладанием содержания целлюлозы листвы городских деревьев и бытовых пищевых отходов, а также отходов городских структур общественного питания при психрофильном режиме работы биогазового генератора.

Актуальность. Экологическая обстановка в городах и поселках городского типа (ПГТ) Таджикистана требует кардинального улучшения их санитарно-гигиенической обстановки. Для выполнения этой актуальной задачи необходимо собранную органическую массу с мусорных свалок и опавшую листву с улиц городов и ПГТ использовать, как органическое сырьё для биогазовых установок. На сегодняшний день существуют различные конструкции биогазовых установок. Биогазовые установки непрерывного действия это эффективное решение для Таджикистана. Биогазовые установки — это устройства, предназначенные для переработки органических отходов в биогаз, состоящий из метана, углекислого газа и органического удобрения. На практике биометан, получаемый из биогаза, может использоваться в качестве источника энергии для различных нужд, таких как отопление, электроснабжение и транспорт [4].

Преимущества использования биогазовых установок в Таджикистане:

1. **Решение проблемы с органическими отходами:** в Таджикистане, как и в других урбанизированных странах, существует проблема с пищевыми отбросами и утилизацией органического мусора свалок. Биогазовые установки позволяют эффективно перерабатывать эти отходы в биометан и органическое удобрение, снижая тем самым нагрузку на окружающую среду.

2. **Экономия ресурсов:** использование биогаза в качестве источника энергии позволяет экономить традиционные ресурсы, такие как нефть, газ и уголь. Это особенно актуально для Таджикистана, где эти ресурсы ограничены [5].

3. **Снижение выбросов парниковых газов:** биогазовые установки способствуют снижению выбросов парниковых газов, что является важным аспектом в контексте борьбы с изменением климата.

4. **Создание новых рабочих мест:** развитие биогазовой отрасли может способствовать созданию новых рабочих мест в сельской местности, где часто возникают проблемы с трудоустройством.

5. **Улучшение санитарно-экологической ситуации:** использование биогаза вместо традиционных источников энергии снижает загрязнение окружающей среды и улучшает санитарно-экологическую ситуацию в городах и ПГТ [9].

Биогазовые установки непрерывного действия работают по принципу непрерывного цикла: органические отходы поступают в реактор в непрерывном режиме, где под воздействием микроорганизмов происходит их переработка в биогаз и органическое удобрение. По мере расходования газа установка в непрерывном режиме заполняется сырьем, также в непрерывном режиме получаем органическое удобрение. Полученный биогаз затем может быть очищен и использован в качестве источника энергии, а органическое удобрение может быть использовано для подкормки растений.

Примеры успешных проектов по использованию биогазовых установок в Таджикистане. На данный момент в Таджикистане авторами этой статьи уже реализовано несколько успешных проектов по использованию биогазовых установок (рис.2). Например, в дехаи Лучоб, Варзобского района, в частном подворье был установлен и запущен в работу металлический биогазовый генератор ёмкостью 1м³ на органических отходах (навозе животных) частного фермерского хозяйства в октябре-ноябре 2011 года и получен биометан при психрофильном режиме работы биогазового генератора. При этом при постоянном перемешивании массы выделялось до 3,0 м³ метана. Также в пос.Шайдан, Аштского района в августе 2012 года был изготовлен, смонтирован и запущен в работу металлический биогазовый генератор ёмкостью 3,25 м³, в частном фермерском хозяйстве Абдухамидова А.Ш. Установка была запущена на затвердевшем, многолетней давности, овечьем навозе. При постоянном перемешивании массы было получено до 8,7 м³ метана в сутки. Далее, в г. Бустон Согдийской области, в частном фермерском хозяйстве Акрамова Т.Р. были проведены исследования работы биогазового генератора на овечьем навозе (июль-октябрь 2024 года). Установка работала при следующих параметрах: объём- 0,2 м³, 20 кг овечьего навоза с влажностью 10%; 150 литров воды; температура воздуха 20-30о С. После заправки установки на 12 день произошло устойчивое выделение метана. В течение 20 суток наблюдалась стабильная подача метана в объёме 0,5 м³ в сутки. На 21 сутки началось постепенное уменьшение суточной производительности на 0,05м³. Наблюдения продолжались в течение 75 суток, после чего процесс получения метана завершился.

На основании вышеприведённых опытных данных построим зависимость суточного объёма газа от объёма биогазового генератора, где $W=f(V,t)$ (рис.1).

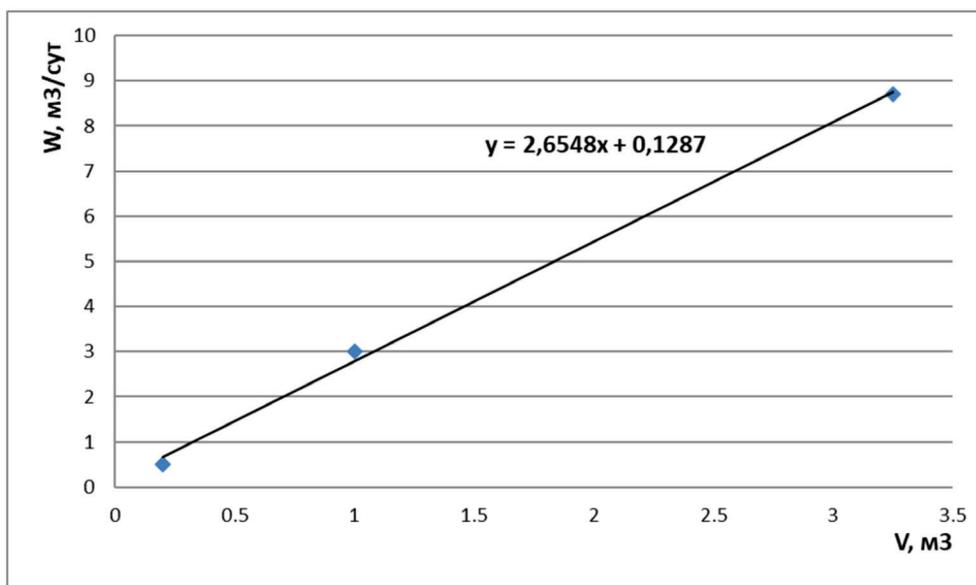


Рисунок 1. Зависимость суточного объема газа от объема биогазового генератора при температуре воздуха от 15оС до 35оС.

Зависимость будет выражаться уравнением:

$$y=2,6548 x+0,1287 \quad (1)$$

Где: $y=w$ - производительность биогазового генератора;

$x=V$ – объем биогазового генератора

Из графика (Рис.1.) и уравнения (1) видно, что суточная производительность w при температуре воздуха от 15°С до 35°С зависит от объема биогазового генератора V , то есть $W=f(V,t)$.

В результате, во всех описанных случаях достигнута устойчивая работа биогазовых генераторов при высоком качестве биогаза, при этом также получено удобрение для возделываемых культур [1]. Эти выполненные работы позволили не только снизить нагрузку на окружающую среду, но и обеспечить фермеров дополнительным источником дохода и самое главное уменьшить загрязнение окружающей среды.



Рисунок 2. Варзобский район, деха Лучоб- 2011 год.

Психрофильный режим работы биогазового генератора предполагает использование микроорганизмов, которые способны работать при определенном интервале температур. Это позволяет использовать биогазовый генератор в условиях, когда температура окружающей

среды находится в диапазоне (+15+35 °С). Такой режим работы может быть особенно полезен в городах, где температура может колебаться в зависимости от времени года и погодных условий [11].

Процесс метаногенеза включает в себя несколько этапов (Рис. 3) [7]

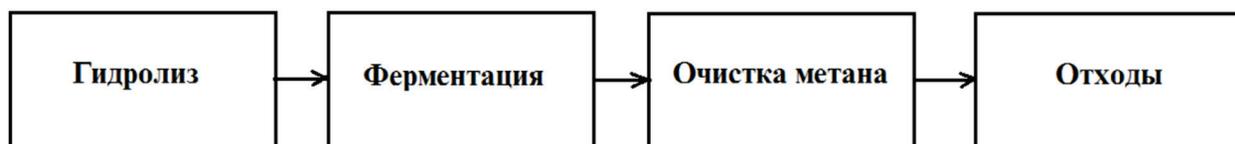


Рисунок 3. Схема этапов процесса метаногенеза.

1. **Гидролиз:** целлюлоза (осенняя опавшая листва с деревьев) и пищевые отбросы, содержащиеся в органических отходах, разлагаются на более простые соединения под действием микроорганизмов.

2. **Ферментация:** образовавшиеся простые соединения подвергаются ферментации, в результате которой образуется метан.

3. **Очистка:** метан может быть очищен от примесей, чтобы получить чистый продукт.

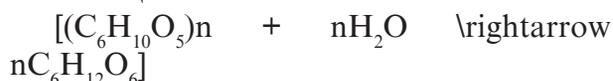
4. **Отходы:** получение гранул органического удобрения.

Метаногенез — это процесс образования метана (CH₄) из органических отходов. Он является одним из этапов биогазового процесса, который включает в себя также образование углекислого газа (CO₂) и водорода (H₂), а также отходов в виде органических удобрений. Метан может быть использован в качестве альтернативного источника энергии, что делает метаногенез перспективным научным и практическим направлением в области утилизации органических отходов. Одним из ключевых факторов, влияющих на метаногенез, является содержание целлюлозы и пищевых отходов в органических отходах. Целлюлоза — это сложный углевод, который содержится в стенках клеток растений. Она является основным компонентом листвы городских деревьев,

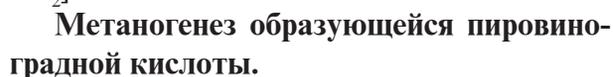
а остатки пищевых отходов ресторанов, кафе и точек общественного питания содержат значительное количество легкодоступных органических веществ. Таким образом, такое сочетание компонентов позволяет эффективно использовать биогазовый генератор для получения метана и органического удобрения [7,9,12].

Уравнения химического разложения органических составляющих:

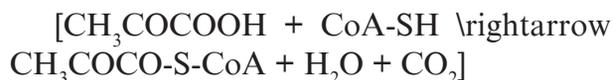
Гидролиз целлюлозы. Целлюлоза (C₆H₁₀O₅)_n разлагается на глюкозу (C₆H₁₂O₆) под действием ферментов, таких как целлюлоза:



Ферментация глюкозы. Глюкоза (C₆H₁₂O₆) подвергается анаэробному брожению с образованием пировиноградной кислоты (CH₃COCOОН) и водорода (H₂):



Метаногенез образующейся пировиноградной кислоты. Пировиноградная кислота (CH₃COCOОН) далее превращается в ацетат (CH₃COO-) и водород (H₂) под действием кофермента А и других ферментов:



Ацетат (CH₃COO-) может быть использован метаногенными археями для

образования метана (CH_4) и углекислого газа (CO_2):



Преимуществом процесса метаногенеза является:

Получение альтернативного источника энергии и органического удобрения.

Снижение объёма органических отходов, подлежащих утилизации

Снижение выбросов парниковых газов

Возможность использования широкого спектра органических отходов, включая целлюлозу и пищевые отбросы.

Выводы

Использование биогазовых установок непрерывного действия в Таджикистане является эффективным решением для переработки органических отходов и получения биометана, в сочетании с получением органического удобрения, что, в свою очередь, позволит снизить нагрузку на окружающую среду, значительно улучшить санитарно-экологическую обстановку, сэкономить ресурсы, снизить выбросы парниковых газов и создать новые рабочие места. Приведённые выше примеры успешного внедрения проектов по переработке органических отходов показывают, что использование биогазовых установок является успешным особенно в условиях Таджикистана. Установка объёмом всего лишь $0,2\text{ м}^3$ в сутки производит $0,5\text{ м}^3$ метана, а имеющая объём $3,25\text{ м}^3$ производит до $8,7\text{ м}^3$ метана при температуре воздуха $15-35^\circ\text{C}$. Переработка (метаногенез) органических отходов с преобладанием целлюлозы листвы городских деревьев и остатков пищевых отбросов системы общественного питания при

психрофильном режиме работы биогазового генератора, весьма эффективна и является весьма перспективным направлением в области утилизации органических отходов. Однако для широкого внедрения этого метода необходимы финансовые ресурсы при поддержке местных хукуматов.

Литература

1. Абдусамиев Ф.Т. и др. Анаэробный реактор. – МП РТ № ТЖ 219, бюл. 54, 2009.
2. Бахриев С.Х. и др. Многоуровневая малогабаритная анаэробная биореакторная система. – МП РТ № 816, бюл. 123, 2016.
3. Бахриев С.Х. и др. Переменная емкость для биореактора. – МП РТ № ТЖ 943, бюл. 140, 2018.
4. Петрова Н.Н., Михайлова Е.Е. Современные технологии утилизации отходов // Вестник экологии. – 2017. – № 2. – С. 30-35.
5. Федоров А.А., Соколова Т.Т. Биогазовые установки: опыт и перспективы // Журнал биотехнологии и экологии. – 2019. – № 5. – С. 20-25.
6. Николаева О.О., Григорьев П.П. Экономическая эффективность биогазовых технологий // Вестник экономики. – 2018. – № 6. – С. 12-17.
7. Виноградов В.В., Васильев Д.Д. Биогазовые установки в городской среде // Журнал городского хозяйства. – 2020. – № 7. – С. 40-45.
8. Иванова Л.Л., Сергеева А.А. Биогазовые технологии: теоретические основы и практическое применение // Вестник биотехнологии и экологии. – 2016. – № 1. – С. 8-13.
9. Кузнецов С.С., Попова М.М. Экономический анализ биогазовых установок // Журнал экономики и управления. – 2017. – № 8. – С. 18-23.
10. Лебедева Н.Н., Михайлов А.А. Биогазовые технологии в решении экологических проблем // Вестник экологии и охраны окружающей среды. – 2019. – № 9. – С. 35-40.
11. Соколова Е.Е., Федоров Т.Т. Современные тенденции в биогазовых технологиях // Журнал биотехнологии. – 2018. – № 4. – С. 15-20.
12. Николаева О.О., Григорьев П.П. Экономическая эффективность биогазовых технологий // Вестник экономики. – 2018. – № 6. – С. 12-17.

КОРКАРДИ ПАРТОВҲОИ ОРГАНИКӢ ВА ҲИФЗИ
МУҲИТ АЗ ИФЛОСШАВӢ ДАР ШАРОИТИ ИҚЛИМИ
ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

МУССЕ Смаила Рауфу¹, Абдусамиев Ф.Т.²,
Бахриев С.Х.^{2,*}, Давлатшоев С.Қ.²

¹Муассисаи таълимии федералии давлатии бучетии тахсилоти олии «Донишгоҳи давлатии заминсозӣ»,
кафедраи геоэкология ва истифодаи табиат (ш. Москва)

²Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

*Муаллифи масъул. E-mail: bahriev@mail.ru

Шарҳи мухтасар. мушкилоти коркарди партовҳои органикӣ, махсусан дар шаҳрҳо, торафти муҳимтар мегардад. Яке аз усулҳои умедбахши ҳалли ин мушкилот истифодаи генераторҳои биогаз мебошад, ки имкон медиҳанд метан аз партовҳои органикӣ ба даст оварда шавад. Дар ин мақола мо хусусиятҳои метаногенези партовҳои органикӣро бо бартарии таркиби селлюлоза баргҳои дарахтони шаҳрӣ ва боқимондаҳои партовҳои гизоии сохторҳои оиҳонаҳои шаҳрӣ дар ҳолати психрофили қори генератори биогаз дида баромадагӣ. Нерӯгоҳҳои биогази доимоамалкунанда: ҳалли муассир барои Тоҷикистон. Дар шароити Тоҷикистон, ки бо иқлим ва ҳарорати баланд ва фаъолияти офтобӣ фарқ мекунад, истифодаи дастгоҳҳои биогази доимоамалкунанда метавонад ҳалли муассирро барои ба даст овардани биометан ба ҷой оранд.

Калидвожаҳо: партовҳои органикӣ, истифодакунӣ, партовҳои хӯрокаи метаногенез, генератори биогазӣ, селлюлоза, коркард, баргҳои дарахтон, речай психрофили.

PROCESSING OF ORGANIC WASTE AND ENVIRONMENTAL
PROTECTION FROM POLLUTION IN THE CLIMATIC CONDITIONS
OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

MUSSE Smaila Raufu¹, Abdusamiev F.T.²,
Bahriev S.H.^{2,*}, Davlatshoev S.K.²

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "State University of Land Management",
Department of Geocology and Nature Management (Moscow)

²Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan

*Corresponding author. E-mail: bahriev@mail.ru

Abstract. The issue of recycling organic waste, especially in urban areas, is becoming increasingly urgent. One of the promising methods of solving this problem is the use of biogas generators, which make it possible to obtain methane from organic waste. In this article, we will consider methanogenesis characteristics of organic waste with a predominance of cellulose content of urban tree foliage and remnants of food waste from urban catering structures under the psychrophilic operation mode of a biogas generator. Continuous biogas plants present an effective solution for Tajikistan. Given that the country's climate is characterized by high temperatures and solar activity, the implementation of continuous biogas plants can be an effective solution for biomethane production.

Keywords: organic waste, utilization, food waste, methanogenesis, biogas generator, cellulose, psychrophilic mode.

Маълумот оид ба муаллифон. МУССЕ Смаила Рауфу- аспиранти кафедраи геоэкология ва истифодаи табиат, ФГБОУМВО ГУЗ, ФР. Суроға: ш.Москва, Тангкучай Успенск хонаи №7, Тел.: +79295233940, E-mail: Sr.mousse@gmail.com; Абдусамиев Фазлидин Тоҷидинович - номзади илмҳои техникӣ, эксперти байналмилаи оиди захираҳои энергияи барқароршаванда, муаллифи патентҳои реакторҳои биогаз. Тел.: +79102030015, E-mail: fabdusamiev@inbox.ru, Бахриев Сӯҳбатҷон Ҳусейнович – академики АМ ЧТ, ходими хизматнишондодаи илм ва техникаи АТР (ФР), номзади илмҳои техникӣ, дотсент, ходими калони илмии Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ. Тел.:

(+992) 55 555 4648, E-mail: bahriev@mail.ru; Давлатшоев Саломат Қаноатшоевич – н.и.т., мудир озмоишгоҳи «Энергетика, захира- ва энергиясарфанамои»-и Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. E-mail: salomatda@list.ru.

Сведения об авторах. МУССЕ Смаила Рауфу- аспирант кафедры геоэкологии и природопользования Федерального Государственного Бюджетного Образовательного Учреждения, Министерства Высшего Образования, Государственный Университет Землеустройства, Российской Федерации (ФГБОУМ-ВО ГУЗ, РФ). тел.: +79295233940, E-mail: Sr.mousse@gmail.com; Абдусамиев Фазлидин Тажидинович- кандидат технических наук, международный эксперт по возобновляемым источникам энергии, тел.: +79102030015, E-mail: fabdusamiev@inbox.ru; Бахриев Сухбатджон Хусейнович – кандидат технических наук, доцент, академик ИА РТ, заслуженный деятель науки и техники РАЕ (РФ), старший научный сотрудник Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, E-mail: bahriev@mail.ru; Тел.: (+992) 55 555 4648; Давлатшоев Саломат Каноатшоевич – к.т.н., заведующий лабораторией энергетики, ресурсо- и энергосбережения Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ. E-mail: salomatda@list.ru.

Information about the authors. MUSSE Smaila Raufu-citizen of the Republic of Benin, postgraduate student of the Department of Geoecology and Environmental Management Federal State Budgetary Educational Institution Ministry of Higher Education State University of Land Management, Russian Federation. Address: Moscow, Uspensky Lane No.7, Tel.: +79295233940, E-mail: Sr.mousse@gmail.com; Abdusamiev Fazlidin Tajidinovich - Candidate of Technical Sciences, international expert on renewable energy sources, author of patents for the invention of biogas recator. Tel.: +79102030015, E-mail: fabdusamiev@inbox.ru; Bahriev Suhbatjon Huseynovich- academic of the EA of the R of T, Honored Worker of Science and Technology of the RANH (RF), Candidate of Technical Sciences, Docent, senior researcher at the Institute of water problems, hydropower and ecology of the National academy of sciences of Tajikistan, Tel.: (+992) 55 555 4648, E-mail:bahriev@mail.ru; Davlatshoev Salomat Kanoatshoevich - Ph.D., Head. Laboratory of Energy Resources and Energy Saving of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, E-mail: salomatda@list.ru.

УДК: 504+504.5+502.13 (575.3)

ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ХВОСТОХРАНИЛИЩА

Саидов В.Я.^{1*}, Мирсаидзода И.У.¹, Фазылов А.Р.²

¹Агентство по химической, биологической, ядерной и радиационной безопасности Национальной академии наук Таджикистана

²Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана

*Автор-корреспондент. E-mail: s.vaysidin@gmail.com

Аннотация. Одним из основных секторов экономики Республики Таджикистан является горнодобывающая промышленность. В настоящее время в стране существуют проблемы обеспечения безопасного управления и рекультивации многих участков, пострадавших от эксплуатации предприятий по добыче и переработке урана. После обретения Таджикистаном независимости одновременно возникли вопросы реструктуризации и вывода из эксплуатации рудников и других урановых объектов, с радиоактивными отходами, содержащими радионуклиды в высоких концентрациях (в основном уран-ториевый ряд) и другие опасные вещества. Целью исследований было определение оценки состояния поверхностного хвостохранилища «Дегмай» и разработка мероприятий по инженерному обеспечению экологической безопасности окружающей среды, в зоне его влияния.

Ключевые слова: система покрытия, урановые хвостохранилища, рекультивация, просачивание, экология, безопасность, гидрологическая модель HELP.

Состояние бывших объектов урановых производств

Потребление природных ресурсов сопровождается не только изменением количественных масштабов антропогенного воздействия, но и появлением новых факторов, влияние которых на природу, ранее незначительное, становится доминирующим. Наносимый природным компонентам ущерб ведёт к ощутимым последствиям и отражает обратную реакцию этого воздействия (негативную для общества), обобщаемую понятием «современная экологическая ситуация».

Извлечение огромного количества минерального сырья, в том числе разработка урановых руд, приводящая к активному химическому загрязнению компонентов окружающей среды, способствует возникновению техногенных ландшафтов в виде дражных полигонов, вскрышных отвалов, хвостохранилищ, прудков - отстойников и др.

В Таджикистане имеется ряд месторождений урановой руды и предприятий

по добыче и переработке урана, действовавшие в прошлые годы. При этом переработка собственных руд и импортного сырья, в основном осуществлялась на бывшем Ленинабадском геохимическом комбинате (ныне ГП «Востокредмет»), а также на других гидromеталлургических заводах, расположенных в непосредственной близости от мест добычи урановых руд (Адрасман, Табошар, Исфара и др.) [1].

В течение 50 лет (1945–1995 гг.) в Таджикистане поставлялось ураносодержащее сырьё со всего бывшего СССР и производился оксид урана, который затем отправлялся обратно в Россию для дальнейшего производства обогащённого урана. За этот период на территории Северного Таджикистана образовалось 10 урановых хвостохранилищ. В Согдийской области за этот период было накоплено более 55 млн тонн урановых отходов, а площадь захоронения составляет более 200 га (рисунок 1.) [2-3].

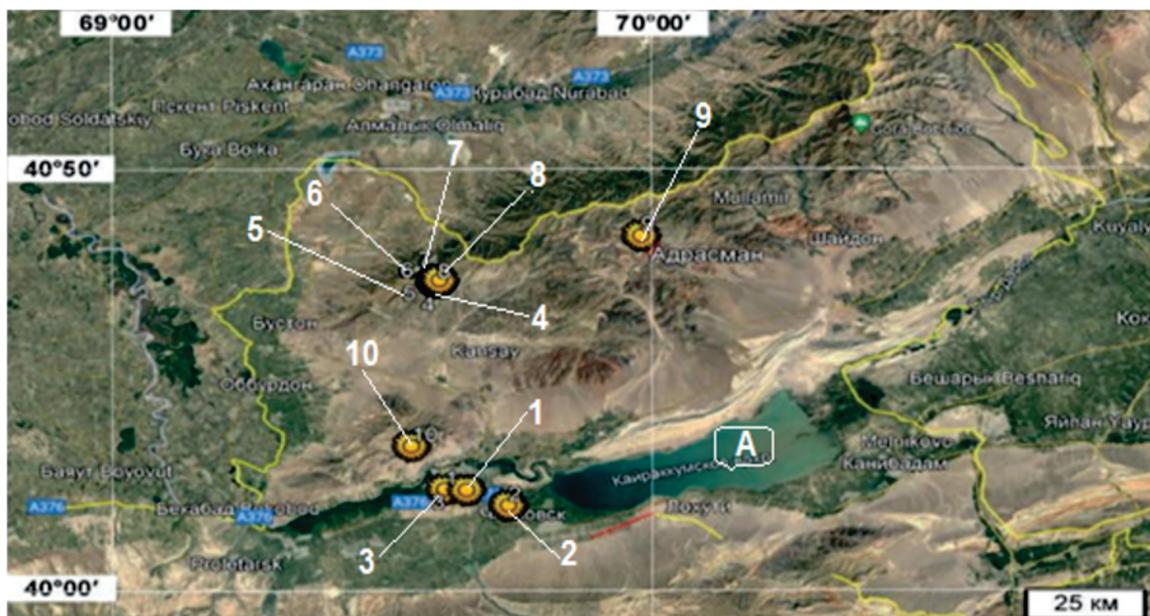


Рисунок 1. Схема размещения хвостохранилищ в Северном Таджикистане. А - Водохранилище «Бахри Точик». 1- Дегмайское, 2-Гафуровское, 3-Карта 1-9, 4- Хвостохранилища I-II очереди, 5- Хвостохранилище III очереди, 6 - Хвостохранилище IV очереди, 7- Хвостохранилище цеха №3, 8 - Отвалы фабрики бедных руд (ФБР), 9 – Адрасманское, 10 - Рудник -3.

Таблица 1. Характеристика радиоактивных хвостохранилищ Северного Таджикистана.

№п/п	Название хвостохранилища	Место распо- ложения	Период эксплу- атации	Площадь, га	Объем отхо- дов, тыс.м ³	Количество хранящихся отходов млн. тонн	Слой грунто- вого покрытия, м ³	МЭД на по- верхности, мкЗв/час	Суммарная ак- тивность, ТБк
1	Дигмайское	пос.Гозиён, 1,5 км	1963-1991гг.	90	19 400	33,87	отсутствует	5,0 – 15,0	156,06
2	Гафуровское	г.Гафуров, 0,5 км	1942-1955гг.	5	240	0,4	2,4 - 2,5	0,15 – 0,20	6,85
3	Карта 1-9	г.Бустон, 2,0 км	1945-1960гг.	18	2 600	4,0	0,5 – 0,7	0,4 – 2,75	28,82
4	Хвостохранилища I-II очереди	г.Истиклол, 2,0 км	1945-1959гг.	24,7	1 680	2,8	0,7 – 1,0	0,4 - 1,0	8,07
5	Хвостохранилище III очереди	г.Истиклол, 0,5 км	1947-1963гг.	11,1	1 802	3,0	0,7 – 1,0	0,4 – 0,6	8,58
6	Хвостохранилище IV очереди	г.Истиклол, 1,0 км	1949-1965гг.	18,7	4 131	7,0	0,7 – 1,0	0,4 – 0,6	18,87
7	Хвостохранилище цеха №3	г.Истиклол, 3,0 км	1949-1965гг.	2,9	676	1, 17	0,7 – 1,0	0,5 – 0,6	0,56
8	Отвалы фабрика бедных руд	г.Истиклол, 4,0 км	1950-1965гг.	7,9	1128	2,0	отсутствует	0,4 – 0,3	9,36
9	Адрасманское	пос.Адрасман, 1,0 км	1941-1957гг.	2,5	240	0,4	0,5 – 0,7	0,4 – 1,25	5,92
10	Рудник -3	г.Худжанд, 2,0 км	1976-1985гг.	5,9	207	0,36	0,5 – 0,7	0,3 – 0,6	0,41

Общий объём отходов в отвалах и хвостохранилищах оценивается более чем в 170 млн тонн, большая часть из которых расположена в окрестностях гидрометаллургических заводов и мест кучного выщелачивания, а общая активность отходов составляет около 240–285 ТБк [4].

Установлено, что данный объект является крупнейшим отдельным хвостохранилищем урановой фабрики в Центральной Азии, расположенный на вершине холма, представляющего собой комбинацию бассейна и седловины, с плотиной длиной 1800 м и максимальной высотой 35 м, возведённой поперёк бассейна, охватывает площадь 90 га и содержит около 20 млн. тонн отходов урановых остатков, около 500 тыс. тонн субэкономичных урановых руд и 5,7 млн. тонн отходов ванадиевого сырья. При этом предполагаемая общая содержащаяся активность составляет около 16 000ТБк. Следует констатировать, что примерно 50% хвостов получены из импортных руд [5].

В таблице 1. представлены характеристики радиоактивных хвостохранилищ Северного Таджикистана.

Объект исследований

Анализ данных по десяти участкам (таблица 1) позволил выбрать объект исследований и предопределил необходимость

обсуждения и обоснования возможности применения системного инженерного подхода для решения проблем рекультивации, в частности, для участка Дегмай, представляющий радиологическую опасность для (решение для других участков будет аналогичным) окружающей среды.

Характерной и опасной особенностью хвостохранилища Дегмай, расположенного в Гафуровском районе, на холме Дегмай (1,5 км от населенного пункта - Гуйсен и в 10 км от города Худжанд) эксплуатировалось в период с 1963 по 1993 гг., расположено в непосредственной близости от населённых пунктов. Следует отметить, что объективный факт существования высокого риска загрязнения грунтовых вод связан с существующими остатками прежнего производства урана в этой зоне.

Отходы уранодобывающих предприятий (так называемые «хвосты») направляются, как правило, в специально создаваемые «хвостохранилища», представляющие собой, по существу, гидротехнические сооружения с ограждающими плотинами, дамбами, с открытой поверхностью хранимых отходов («хвостов») [6]. Пример такого «хвостохранилища» - Дегмай показан на рисунке 2.

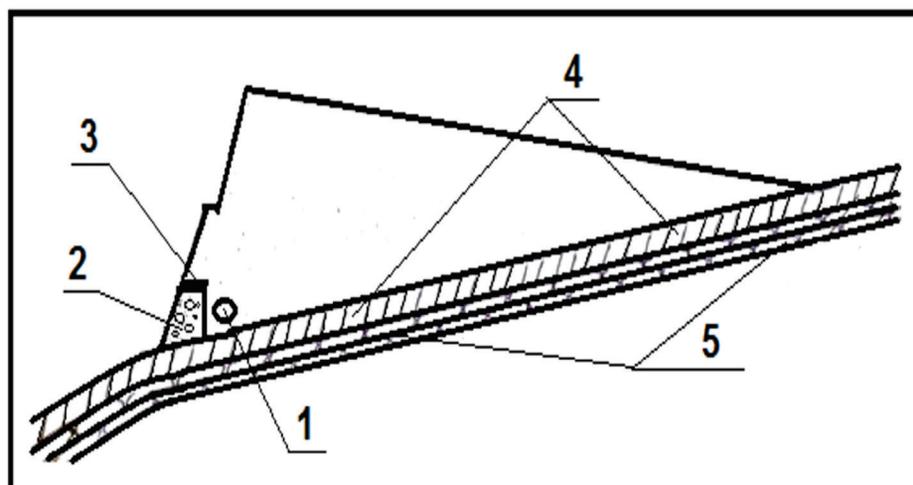


Рисунок 2. Схематический геологический разрез Дегмайского хвостохранилища. [2].

1-дренажная труба; 2-пионерная дамба; 3-гидроизоляция; 4-суглинки; 5-конгломераты, песчаники, аргилиты

В настоящее время существуют, в основном, три вида хвостохранилищ: намывные; наливные; комбинированные [7-8].

Следует отметить, что Дегмайское хвостохранилище отнесено к категории наливных хвостохранилищ. Особенность подобных дамб заключается в том, что дамба возводится из привозных или инертных местных материалов, а пульпа заливается в образуемую чашу [9-10].

Исследованиями установлено, что остатки урановой добычи, закачиваемые в хвостохранилище, содержали высокие концентрации ионного сульфата (в среднем 20 г/л). Но при этом, в связи со значительным снижением объёмов переработки урановой руды (1992-1993гг.) снизился также и перенос материала в хвостохранилище.

Выявлено также, что в период с 1991 по 2000 гг. в хвостохранилище за счёт фильтрации через слои пластов закачивались менее концентрированные растворы, способствующие формированию получения частично более чистых, отфильтрован-

ных вод. Из-за не полной очистки (фильтрации) наблюдается сброс загрязнённых грунтовых вод в реку Сырдарья. Установлено также, что в период уранового производства в хвостохранилище сбрасывались жидкие отходы, которые впоследствии в результате испарения жидкости, превращались в твёрдый грунт, не имеющих защитного покрытия.

Согласно отчёту ЕЭК ООН [3] с поверхности хвостохранилища, за счёт выветривания выносилось до шести тыс. кубометров в год радиоактивной пыли, загрязняющей окружающую среду.

До середины 1990-х годов поверхность хвостохранилища была частично покрыта водой, но затем вода постепенно высыхала, и к 2000 году поверхность хвостохранилища полностью высохла [5]. Мощность экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения на открытой поверхности хвостохранилища варьируются от 5 до 15 мкЗв/час. Среднее значение ППР находится в пределах от 10 до 65 Бк/(м²·сек.) и годовое поступление радона в атмосферу может составлять более 30 ТБк [2].

Таблица 2. Содержание долгоживущих радионуклидов Дигмайского хвостохранилища [2].

Радионуклиды	Содержание, Бк/кг	
	от	до
226Ra	1468	3397
232Th	33	133
40K	592	5957

В настоящее время около 50% территории вокруг Дегмайского участка огорожена и на поверхности хвостохранилища, где разрослась растительность, имеется свободный доступ для населения и выпаса скота.

На рисунке 3 представлены фото поверхности Дегмайского хвостохранилища и аэрофотоснимки основной его дамбы.



Рисунок 3. (а) Общий вид Дегмайского уранового хвостохранилища, (б) Вид на поверхность хвостохранилища.

Инженерное обоснование концептуального дизайна покрытия для Дегмайского хвостохранилища

В настоящее время существуют различные методы минимизации негативного воздействия уранового хвостохранилища. Установлено, что одним из самых применяемых является хвостохранилище с нейтральным слоем почвы.

Одним из основных факторов реализации с применением нейтрального слоя почвы является определение оптимальной с точки зрения экологической и экономической эффективности состава и толщины покрытия. Эффективное покрытие системы урановых хвостохранилищ может быть достигнуто за счёт использования естественных и инженерных барьеров.

Конструктивно, покрытия включают три основных слоя: уплотнённый слой почвы над хвостами для ослабления радона; поверхностный слой из прочной породы для защиты от эрозии; боковой дренажный слой, состоящего из крупнозернистого песка или гравия.

К инженерным барьерам относятся: дамбы; крышка; система перехвата и отвода от хвостохранилища грунтовых вод разгрузки выше хвостохранилища и ливневых вод; дренажная система ин-

фильтрационных вод из хвостохранилища и система оборотного водоснабжения; химическая форма отходов [6].

Система покрытия должна быть спроектирована таким образом, чтобы контролировать поток радона, биоинтрузию и эрозию, а также защищать критически важные границы раздела от замерзания. Проекты покрытия и строительства должны быть специфичными для конкретного места, с учётом местного климата, доступности строительных материалов, характера хвостохранилищ, нормативных ограничений, а также требований и приемлемости местного сообщества.

Практика показывает, что недостаточно обоснованные проектные решения, нарушение режимов эксплуатации хвостохранилищ могут приводить к серьёзным последствиям, связанным с прорывом ограждающих дамб, загрязнением окружающей среды и другим, с тяжёлыми последствиями.

Опыт в рекультивации, накопленный в СГАО «ВИСМУТ», показал, что не бывает простых методик технологии рекультивации с одной площадки на другую. Решения должны быть увязаны с конкретными условиями каждой конкретной площадки (площадки). Для успешного решения в

проектах рекультивации территории или объекта необходимо тщательное изучение каждого объекта, особенно истории его создания, технологий, которые были приняты при их создании, изменений, принимавшихся в процессах модернизации [6].

Наши исследования для уранового хвостохранилища Дегмай, по проектированию покрытия включали в себя выявление местоположения участка, климата и доступности строительных материалов.

Для проектирования, оценки и оптимизации гидрологической нормы покрытия использовалась гидрологическая модель **HELP (Hydrologic Evaluation of Landfill Performance)**. Модель HELP представляет собой квазидвумерную многослойную гидрологическую модель, требующую следующих входных данных для каждого профиля модели: *данные о погоде* (осадки, солнечная радиация, температура, параметры эвапотранспирации); свойства почвы (пористость, полевая ёмкость,

температура увядания и гидравлическая проводимость); *проектная информация* (футеровки, системы сбора фильтрата и стока, уклон поверхности).

К целям системы покрытия на поверхности хвостохранилищ урановых отходов отнесены [7]: поддержка сухости хвостохранилищ, способствующая минимальной инфильтрации воды; уменьшение выделения радона и выбросов пыли в атмосферу; предотвращение эрозии поверхности; формирование эстетически приемлемого ландшафта, соответствующего техническим целям.

Критерии проектирования систем покрытия хвостохранилищ урановых отходов связаны с целями рекультивации и учитывают геотехнические, радиологические, гидрологические, геохимические, экологические и эстетические требования.

Покрытия, состоящие из нескольких слоёв, каждый из которых выполняет определенную функцию, представлены в таблице 3.

Таблица 3. Контрольный список компонентов системы покрытия.

Компонент покрытия	Назначение и функция
Вертикальный фильтрационный слой, 50-90 см барьера из суглинка в качестве инфильтрационного слоя и предотвращения эрозии растительностью	Эвапотранспирация влаги, проникая в суглинок и уменьшая инфильтрацию, обеспечивает сохранение влаги. Создание стабилизации суглинка на системе поверхностного покрытия. В сочетании с растительностью уменьшает эрозию суглинка. Обеспечивает хорошую среду для укоренения и хранения воды для растительности. Защищает нижележащий биоинтрузивный слой - гравий от солнечной радиации.
Боковой дренажный слой, инфильтрация/-эрозия и биоинтрузивный слой. Проницаемый слой точно 30 см гравия	Осуществляется боковой дренаж воды в нижележащую дренажную систему. Служит слоем биоинтрузии. Защищает нижележащий полиэтилен высокой плотности (HDPE) от роющих животных.
Геомембранный слой, 0,1 см непроницаемый HDPE	Предотвращает проникновение воды в барьерный слой.
Барьерный слой. 60-90 см барьерной почвы или 110 суглинка умеренно плотного	Предотвращает выделение радонового газа

Например, слои глины обычно используются для контроля эманации радона и инфильтрации воды. Растительные

покрытия контролируют эрозию, вызванную ветром и водой, и инфильтрацию влаги, способствуя эвапотранспирации.

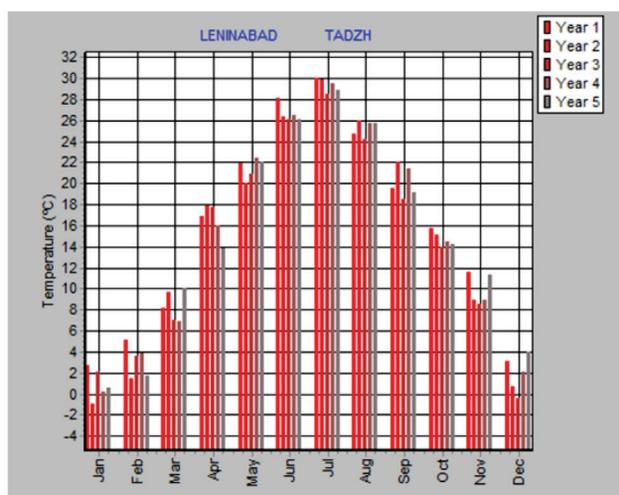
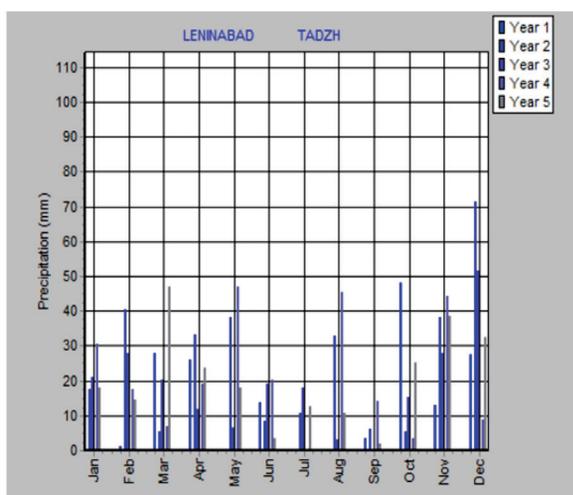
Более грубый материал используется для хранения влаги, в качестве дренажного слоя и капиллярного разрыва, а также для предотвращения проникновения животных и людей [11].

Анализ и оценка климатических параметров на территории объекта исследования

Климат Таджикистана континентальный, субтропический и полусухой, с некоторыми пустынными районами. Горы защищают Ферганскую долину и другие низменности от арктических воз-

душных масс, но температура в этом регионе по-прежнему опускается ниже нуля более 100 дней в году. Следует отметить, что урановое хвостохранилище «Дегмай» расположено в Ферганской долине на севере Таджикистана. На более низких высотах Таджикистана средний температурный диапазон составляет от 23 до 30 °C в июле и от -1 до 3 °C в январе.

Среднегодовая температура и количество осадков для участка Дегмай представлены на рисунке 4.



(а) (б)

Рисунок 4. а - среднегодовая температура, б - количество осадков.

В зависимости от требований к производительности и условий участка (засушливый, полусухой или влажный регион) система покрытия для урановых хвостохранилищ может быть построена с использованием нескольких слоёв материалов с природными и искусственными материалами.

Как было отмечено выше, целью данного исследования является поиск осуществимой экономически эффективной конструкции системы покрытия для урановых хвостохранилищ Дегмай, обеспе-

чивающей длительный период (100 лет) защиты.

Слои в системе покрытия классифицируются по гидравлической функции, которую они выполняют.

В частности, к таким параметрам отнесены: вертикальные просачивающие слои; боковые дренажные слои; барьерные грунтовые слои; геомембранный слой. В таблице 4 представлены входные параметры для гидравлических свойств защитных слоёв.

Таблица 4. Специфические входные параметры для гидравлических свойств защитных слоёв.

Тип слоя	Материал	Пористость	Полеспособность	Температура увядания	Гидравлическая проводимость (см/сек)
Геомембрана	ПВД				7E-13
Боковой дренажный слой	Гравий	0.397	0.032	0.013	0.3
Вертикальный просачивающийся слой	Суглинок	0.463	0.232	0.116	3.7E-4

С учётом основных факторов, для уранового хвостохранилища «Дегмай» нами спроектирована многослойная система защитных покрытий, состоящая из следующих слоев: суглинок толщиной 40см (вертикальный просачивающийся слой); гравий толщиной 30 см (боковые дренажные слои); полиэтилен низкой плотности (LDNE) (геомембранный слой); барьерный грунт 140 см в (защитный слой почвы).

Программное обеспечение для оптимизации проектирования гидрологических полигонов - на основе HELP. Visual HELP - это самая совершенная среда гидрологического моделирования, доступная для проектирования свалок, прогнозирования накопления фильтрата и оценки потенциального просачивания фильтрата в грунтовые воды. Основано на HELP, международном стандарте для моделирования гидрологии свалок и оценки скорости пополнения подземных вод [12].

Оценка эффективности дизайна покрытия

Оценка эффективности дизайна покрытия хвостохранилища Дегмай за пе-

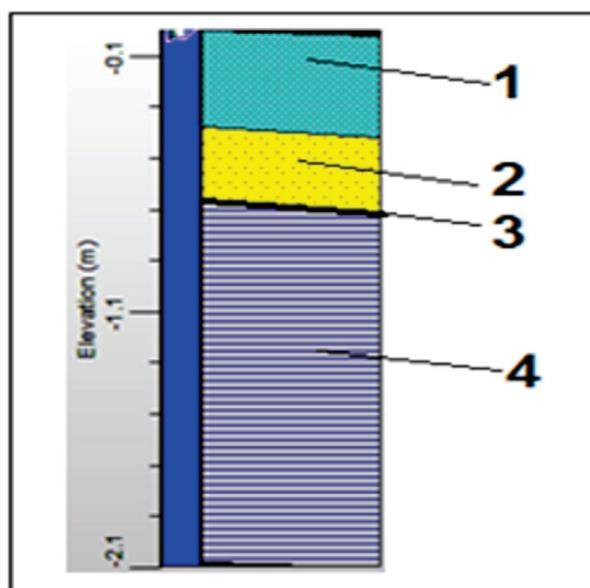


Рисунок 5. Концептуальный дизайн покрытия для хвостохранилища Дегмай. 1- суглинок (40см); 2 – гравий (30см); 3 - Геомембрана LDNE; 4 – барьерный грунт (140см).

риод в 100 лет, осуществлена с использованием гидрологической модели HELP (Таблица 5).

Таблица 5. Пиковая суточная норма.

	Ставка (см)	Объем (куб. см)	День	Год
Осадки	4.7	4,69E+07	223	21
Сток	1.43	1,428E+08	39	73
Боковой дренаж, собранный из слоя 2	8.48E-5	8,478E+03	44	84
Просачивание или утечки через слой 4	1.87E-3	1,879E+08	44	84

На основе полученных результатов (таблица 5) сделаны следующие выводы: утечки из нижней части барьерного слоя грунта не произошло (перколяция или просачивание через слой 4); пик осадков (4,7 см) пришёлся на 223-й день 21-го

года, а пик стока (1,43 см) пришёлся на 39-й день 73-го года.

Для детальной оценки полученных результатов нами осуществлён анализ осадка и стока за 73 год (день 39), характерные пиковыми значениями.

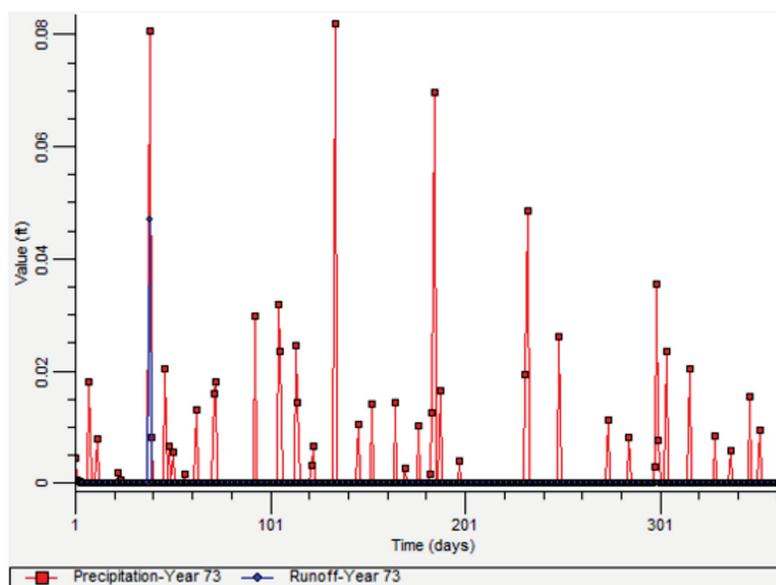


Рисунок 6. Пиковая суточная норма для участка Дегмай.

Таким образом, на основе полученных и уточнённых данных исследований установлено, что максимальному стоку не предшествовали очень интенсивные осадки.

Результаты и их обсуждения

1. Реабилитация и поддержка безопасного состояния хвостохранилищ уранового производства является одной из важных социально - экологических задач для Таджикистана.

2. Использование программного обеспечения для оптимизации проектирования гидрологических полигонов - на осно-

ве HELP, был создан и проанализирован многослойный концептуальный дизайн для Дегмайского хвостохранилища.

3. Установлено, что необходимо исследовать также различные варианты концептуальных проектов с применением различных барьерных материалов.

С целью инженерного обеспечения экологической безопасности окружающей среды в зоне влияния поверхностного хвостохранилища Дегмай, а также обоснования выбора технологий и технических средств многослойного покрытия

хвостохранилища с применением местного материала рекомендуется:

1. **Многослойный концептуальный дизайн (конструкция) покрытия** для Дегмайского хвостохранилища, обеспечивающий экологическую и гидрогеологическую безопасность уранового хвостохранилища, **необходимо проектировать по следующей схеме: суглинок** толщиной 40 см (вертикальный просачивающийся слой); **гравий** толщиной 30 см (боковой дренажный слой); полиэтилен низкой плотности (LDPE) (**геомембранный слой**); **барьерный грунт** 140 см (защитный слой почвы).

2. Изготовление системы покрытия для хвостов необходимо осуществлять с использованием местных доступных, экономически целесообразных материалов, обеспечивающих долгосрочную производительность, устойчивость и используется в качестве естественных инженерных барьеров.

3. Разработанный и рекомендуемый вариант состава и толщины покрытия обеспечит экологическую безопасность и экономическую эффективность применяемых мероприятий.

Литература

1. International Atomic Energy Agency, Safe Management of Residues from Former Mining and Milling Activities in Central Asia, IAEA, Vienna (2009).
2. Мирсаидзода И., Назаров Х.М., Саломов Дж.А. Радиоактивные хвостохранилища Таджикистана: Проблемы и решения, Душанбе, 2022 - 206 с.

3. ЕЭК ООН, Обзор потенциальных источников загрязнения и определение рисков аварийного загрязнения в бассейне реки Сырдарья, 2023
4. International Atomic Energy Agency. Division of Radiation, Transport and Waste Safety. Assessment and Proposals for Uranium Production Legacy Sites in Central Asia: An International Approach, Technical Meeting, 2009-2010.
5. N. Khakimov, K.M. Nazarov and I.U. Mirsaidov, Physico-Chemical and Manufacturing Basis for Uranium Concentrates Production from Wastes of Hydrometallurgical Plants and Technical Waters, 2nd ed., Dushanbe (2012).
6. Карамушка В.П., Камнев Е.Н., Кузин Р.Е. К21 Рекультивация объектов добычи и переработки урановых руд. - М.: Издательство «Горная книга», 2014. - 183 с.
7. Ломоносов Г.Г., Полоник П.И., Абдалах Х. Совершенствование технологии очистных работ на основе применения пастообразных закладочных материалов // Горный журнал. 2000. №2. С. 21–23.
8. Добыча и переработка урановых руд в Украине: монография / под общ. ред. А.П. Чернова. К.: Адеф–Украина, 2001. 238 с.
9. Твердеющие закладочные смеси повышенной плотности/ В.В. Квитка, В.Е. Сергеев, К. Троттер и др. (фирма GMSZ, Австралия) // Горный журнал. 2001. №5. С. 33–35.
10. Антонинова Н.Ю., Шубина Л.А. Использование техногенных отходов ГМК в природоохранных целях на предприятиях ГМК // Экология и промышленность России. 2015. № 10. С. 38–41.
11. International Atomic Energy Agency, The Long Term Stabilization of Uranium Mill Tailings, IAEA-TECDOC-1403, IAEA, Vienna (2004).
12. <https://www.delphitech.kz/>

ТАЪМИНИ МУҲАНДИСИИ АМНИЯТИ ЭКОЛОГИИ МУҲИТИ ЗИСТ ДАР МИНТАҚАИ ТАЪСИРИ ПАРТОВГОҲҶОИ РУИЗАМИНӢ

Саидов В.Я.^{1,*}, Мирсаидзода И.У.¹, Фазылов А.Р.²

¹Агентии амнияти химиявӣ, биологӣ, радиатсионӣ ва ядроии Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

²Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

*Муаллифи масъул. E-mail: s.vaysidin@gmail.com

Шарҳи мухтасар. Яке аз бахшҳои асосии иқтисодиёти Тоҷикистонро саноати кӯҳӣ ташиқ мекунад. Айни замон дар кишвар масъалаи таъмини бехатарии идорақунӣ ва барқароркунии бисёр мавзӯҳои аз ҷабҳаҳои ташиқотиҳои истихроҷ ва коркарди уран осебдида вуҷуд дорад. Пас аз ба даст овардани истиқлолияти Тоҷикистон ҳамзамон масъалаҳои таҷдиди сохтор ва аз истифода баровардани конҳо ва

дигар иншооти коркарди уран бо партовҳои радиоактиви дорои радионуклидҳо бо консентратсияи ба-ланд (асосан силсилаи уран-торий) ва дигар моддаҳои хатарнок, миён омад. Дар робита ба ин, ҳадафи тадқиқот баҳодиҳии партовгоҳи рӯизаминии «Дегмай» ва коркарди чорабиниҳо оид ба таъмини муҳанди-сии амнияти экологии мухити зист дар минтақаи таъсири онҳо муайян карда шуд.

Калидвожаҳо: системаи рӯйпӯшкунӣ, партовгоҳҳои ураний, барқароркунӣ, обгузаронӣ, экология, беҳа-тарӣ, модели гидрологии HELP.

ENGINEERING SUPPORT FOR ENVIRONMENTAL SAFETY IN THE INFLUENCE ZONE OF THE SURFACE TAILINGS DUMP

Saidov V.Y.^{1,*}, Mirsaidzoda I.U.¹, Fazilov A.R.²

¹Chemical, biological, radiological, and nuclear safety and security agency of the National Academy of Sciences of Tajikistan

²Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan

*Corresponding author. E-mail: s.vaysidin@gmail.com

Abstract. One of the main sectors of the economy of the Republic of Tajikistan is the mining industry. Currently, the country has problems ensuring safe management and reclamation of many sites affected by the operation of uranium mining and processing enterprises. After Tajikistan gained independence, issues of restructuring and decommissioning of mines and other uranium facilities with radioactive waste containing radionuclides in high concentrations (mainly uranium-thorium series) and other hazardous substances arose. The purpose of the research was to assess the state of the surface tailings dump "Degmai" and develop measures to ensure engineering environmental safety in the area of its influence.

Keywords: covering system, uranium tailings, reclamation, seepage, ecology, safety, HELP hydrological model.

Маълумот оид ба муаллифон. Саидов Вайсидин Ятимович, номзади илмҳои кимиё, унвонҷӯи доктори илм, докторанти Агентии амнияти химиявӣ, биологӣ, радиатсионӣ ва ядроии АМИТ, Тел: (+992) 934046144, E-mail: s.vaysidin@gmail.com; Мирсаидзода Илхом Улмас, доктори илмҳои техникӣ, профессор, директори Агентии амнияти химиявӣ, биологӣ, радиатсионӣ ва ядроии АМИТ, E-mail: I.mirsaidzoda@cbrn.tj; Фазылов Али Рахматджанович, доктори илмҳои техникӣ, профессор, мудири лабораторияи «Иншоотҳои гидротехникӣ»-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, тел: (+992) 918565070, E-mail: alifazilov53@gmail.com.

Сведения об авторах. Саидов Вайсидин Ятимович, кандидат химических наук, соискатель учёной степени доктора наук, докторант Агентства по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности НАНТ; Тел.:+992934046144, E-mail: s.vaysidin@gmail.com; Мирсаидзода Илхом Улмас, доктор технических наук, профессор, директор Агентства по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности НАНТ, E-mail: I.mirsaidzoda@cbrn.tj; Фазылов Али Рахматджанович, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией гидротехнических сооружений Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, Тел.:+992918565070, E-mail: alifazilov53@gmail.com.

Information about the authors. Saidov Vaysidin Yatimovich, PhD candidate of chemical science, doctoral candidate for Agency of the Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Safety and Security Agency of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Tel.:+992934046144, E-mail: s.vaysidin@gmail.com; Mirsaidzoda Ilkhom Ulmas, Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Safety and Security Agency of the National Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, E-mail: I.mirsaidzoda@cbrn.tj; Fazylov Ali Rakhmatdzhanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Laboratory "Hydraulic Structures" of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Tel.:+992918565070, E-mail: alifazilov53@gmail.com.

УДК 630.114.445

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ РАЙОНА ДУСТИ И ОПТИМАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИХ РАССОЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДЫ

Сосин П.М.^{1,*}, Некушоева Г.А.²

¹Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной Академии наук Таджикистана

²Институт почвоведения и агрохимии ТАСХН

*Автор-корреспондент. E-mail: psosin46@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы промывки орошаемых засоленных района Дусты. Опытные работы по промывке проводились на сильнозасоленных почвах и солончаках в вегетационный период, под культурой риса. Засоление почв определялось в исходном состоянии и в конце вегетации. В этот же период, ежемесячно определялась минерализация оросительной и дренажной воды. До промывки в почве содержалось 8,5 мг/экв. хлора, а после вегетации уменьшилось до 0,5 мг/экв хлора. В результате опыта достигнуты хорошие показатели по рассолению почв и одновременно получению урожая риса.

Ключевые слова: засоление почв, солончак, промывка, легкорастворимые соли, минерализация.

Введение

Современное мелиоративное состояние орошаемых земель района Дусты находится в неудовлетворительном состоянии из-за широкого развития процессов вторичного засоления почв. Увеличению площади вторично засоленных земель здесь, в немалой степени, способствовали социальные и экономические факторы 1990-х годов. В результате которых, существующая коллекторно-дренажная сеть (КДС) постепенно заилилась и перестала выполнять свои функции по отводу минерализованных грунтовых вод. Это привело к подъёму их уровня до критической глубины и накоплению легкорастворимых солей, в профиле почв, вплоть до образования солончаков.

Для рассоления засоленных земель, используют метод промывки почв от солей, для этого требуется большой объём воды и длительный период времени [1].

Промывку сильно засоленных почв и особенно солончаков, рекомендуется проводить в осенне-зимний период.

Однако в этот период, в оросительных каналах отсутствует вода, ввиду проведения профилактических работ и ремонта каналов. Поэтому проводить промывки

засоленных земель в это время не представляется возможным. В связи с этим, нами был использован метод рассоления почв в вегетационный период под культурой освоителем – рисом.

Такой способ промывки солончаков был апробирован нами в Бешкентской долине и показал хорошие результаты промывки почв [2]. Промывки засоленных почв под культурой риса проводились в разных регионах Советского союза и за рубежом [3-6].

Методика выполнения работ

Промывки почв в вегетационный период, под культурой риса предусматривает проведение промывки с одновременным выращиванием риса. Этот метод позволяет, в течение вегетации, промыть почвы от солей и получить хороший урожай риса.

Для проведения исследований по промывке засоленных земель под культурой риса нами были выбраны два опытных участка (площадью по 0,25 га), с разной степенью засоления - солончак и сильно - средnezасоленная почва. На участках до начала исследований была выполнена солевая съёмка почв. При этом на каждом участке были пробурены по 3 скважины

глубиной 1м, из которых были отобраны, послойно через 25 см по 4 образца почв и выполнены анализы исходного состояния этих почв.

Для определения динамики изменения минерализации оросительной и дренажной воды на участках №1 и №2 ежемесячно, в течение вегетации (с апреля по сентябрь), отбирались и анализировались пробы оросительной и дренажной воды.

В связи с тем, что в сильнозасоленных почвах и солончаках, максимальное количество солей сконцентрировано в верхнем горизонте почв. Поэтому нами перед посевом риса, с целью уменьшения содержания солей в пахотном горизонте (до

уровня, позволяющего получить хорошие всходы риса) была проведена частичная промывка почвы, т.е. в чеки было подано 4 тыс. м³/га воды. При расчёте степени засоления рассчитан суммарный эффект токсичных ионов в эквивалентах хлора. Поскольку в исходном состоянии почвы исследуемых участков были бедны питательными веществами, то для получения хорошего урожая, рис выращивался на фоне внесения азотных и фосфорных минеральных удобрений, нормой N150 P130 K60.

Для определения качества промывки, после окончания вегетации, была выполнена повторная солевая съемка.



Рисунок 1. Участок №2 до начала работ.

Исследованные участки №1 и №2 (Рисунок 1, 2) находятся на вторично засоленных почвах. К началу исследований участок №1 (расположенный на землях д/х Лаби-Дарье района Дусти) был представлен заброшенными землями, заросшими верблюжьей колючкой и тамариксом, почва, в исходном состоянии - солончак. На участке №2 (расположенном на землях д/х Немьат, Рисунок 1) почвы сильно-средне засоленные. Содержание гумуса на обоих участках низкое 0,89-0,67% в пахотном горизонте.

Почвы содержат значительное количество СаСО₃ 17,6-19,6 % по всему профи-

лю. Реакция почвенной среды щелочная рН 7,8-8,4. Почвы крайне бедны питательными веществами. Количество минерального азота в пахотном горизонте составляет 3,15 мг/га, а в слое 25-50 см 4,87мг/кг. Содержание подвижного фосфора в пахотном горизонте, в среднем по двум участкам составляет 25,4 мг/кг, а в слое 25-50 см 14,6 мг/кг. По азоту и фосфору почвы относятся к необеспеченным. По количеству обменного калия почвы относятся к слабо обеспеченным, содержащих в среднем по двум участкам -121 мг/кг в пахотном горизонте.

Гранулометрический состав почв легкосуглинистый. Сумма физической глины колеблется в пределах 24,62-29,43 %. Количество илистой фракции изменяется от 7,83% до 10,0%. Низкое количество ила в совокупности с низким содержанием гумуса обуславливают слабую агрегированность почв, что ухудшает их водно-физические и агрономические свойства.

Солевая съёмка, выполненная на участках до вегетации, указывает на то, что исходное засоление, по хлору согласно классификации Базилевич и Панковой, почв находится в пределах сильно и очень сильного (солончак) засоления [7].

Результаты анализа (Таблица 1) показывают, что на обоих участках наибольшее накопление легкорастворимых солей, в исходном состоянии, наблюдается в верхнем 0-25 см. горизонте почв. По количеству токсичных солей первая и третья скважины находятся на солончаке, а вторая скважина на сильнозасоленном участке.

Качественный состав гипотетических солей, представлен следующими солями (Таблица 2). Среди гипотетических солей преобладает сульфат кальция, второе место занимает хлорид магния. В некоторых верхних горизонтах почв появляется редкая соль – хлорид кальция, что может ука-

зывать о прогрессирующем засолении.

Участок №2 характеризуется меньшим засолением почв. Степень засоления от среднего (скважина 2) до сильного засоления (скважины 1,3). Тип засоления хлоридно-сульфатный. В составе гипотетических солей, как видно из таблицы 2, на обоих участках преобладает среднерастворимая нетоксичная соль CaSO_4 (гипс). На втором месте, по содержанию, присутствует хлорид магния. При этом его максимальное количество приурочено к верхнему горизонту почв, а в нижних горизонтах хлорид магния уменьшается.

На третьем месте, в составе солей, находится хлорид натрия. Накопление хлорида натрия наблюдается в основном в верхнем горизонте почв и реже в горизонте 25-50 см. В нижних горизонтах почв хлорид натрия отсутствует. Сульфат натрия и магния содержатся в небольших количествах. Наблюдается закономерное отсутствие этих солей в верхних горизонтах почв - там, где содержится большое количество хлоридов, что обусловлено высокой растворимостью хлоридных солей. В верхних горизонтах, некоторых скважин, среди солей присутствует хлорид кальция. Гидрокарбонат кальция присутствует в небольшом количестве, равномерно по всему профилю почв.



Рисунок 2. Участок №2 до начала работ.

Таблица 1. Содержание водорастворимых солей в почвах участков №1, №2 (до вегетации).

Название образца	Глубина в см	Сухой остаток %	HCO ₃			Cl			SO ₄			в мг/экв			
Участок №1, скв. 1	0-25	1,306	0,031	0,302	0,593	0,27	0,06	0,065	0,5	8,5	12,36	13,5	5,0	2,86	
	25-50	0,578	0,031	0,133	0,2599	0,1	0,043	0,027	0,5	3,75	5,416	5,0	3,5	1,166	
	50-75	0,318	0,031	0,044	0,165	0,06	0,0183	0,0155	0,5	1,25	3,432	3,0	1,5	0,682	
	75-100	0,252	0,031	0,044	0,118	0,04	0,0183	0,0165	0,5	1,25	2,476	2,0	1,5	0,726	
Участок №1, скв. 2	0-25	0,863	0,031	0,239	0,344	0,15	0,0488	0,066	0,5	6,75	7,166	7,5	4,0	2,915	
	25-50	0,369	0,031	0,08	0,167	0,06	0,0305	0,0165	0,5	2,25	3,476	3,0	2,5	0,726	
	50-75	0,183	0,031	0,035	0,077	0,03	0,0122	0,01375	0,5	1,0	1,605	1,5	1,0	0,605	
	75-100	0,246	0,031	0,035	0,124	0,04	0,0183	0,0135	0,5	1,0	2,594	2,0	1,5	0,594	
Участок №1, скв. 3	0-25	1,407	0,031	0,302	0,663	0,3	0,061	0,065	0,5	8,5	13,86	15,0	5,0	2,86	
	25-50	0,815	0,031	0,08	0,476	0,2	0,0244	0,019	0,5	2,25	9,91	10,0	2,0	0,66	
	50-75	0,659	0,031	0,035	0,418	0,15	0,0244	0,016	0,5	1,0	8,704	7,5	2,0	0,704	
	75-100	0,294	0,031	0,035	0,152	0,06	0,0122	0,019	0,5	1,0	3,16	3,0	1,0	0,66	
Участок №2, скв. 1	0-25	1,012	0,031	0,248	0,433	0,23	0,0488	0,029	0,5	7,0	9,236	11,5	4,0	1,276	
	25-50	0,391	0,031	0,044	0,2198	0,08	0,0244	0,0075	0,5	1,25	4,58	4,0	2,0	0,33	
	50-75	0,163	0,031	0,035	0,063	0,03	0,0122	0,007	0,5	1,0	1,308	1,5	1,0	0,308	
	75-100	0,159	0,031	0,018	0,056	0,02	0,0122	0,0375	0,5	0,5	1,165	1,0	1,0	0,165	
Участок №2, скв. 2	0-25	0,4218	0,031	0,08	0,197	0,08	0,0183	0,031	0,5	2,25	4,114	4,0	1,5	1,364	
	25-50	0,147	0,031	0,027	0,0695	0,083	0,0122	0,0045	0,5	0,75	1,448	1,5	1,0	0,198	
Продолжение таблицы 1															
Участок №2, скв. 3	50-75	0,1197	0,031	0,027	0,042	0,02	0,0122	0,003	0,5	0,75	0,882	1,0	1,0	0,132	
	75-100	0,1182	0,031	0,027	0,041	0,02	0,0122	0,0025	0,5	0,75	0,86	1,0	1,0	0,11	
	0-25	0,697	0,031	0,16	0,315	0,14	0,0427	0,024	0,5	4,5	6,556	7,0	3,5	1,056	
	25-50	0,342	0,031	0,062	0,165	0,06	0,0244	0,0155	0,5	1,75	3,432	3,0	2,0	0,682	
Участок №2, скв. 3	50-75	0,197	0,031	0,044	0,077	0,04	0,0122	0,00825	0,5	1,25	1,613	2,0	1,0	0,363	
	75-100	0,164	0,031	0,035	0,064	0,03	0,0122	0,0075	0,5	1,0	1,33	1,5	1,0	0,33	

Таблица 2. Качественный состав солей участков №1 и №2.

Номер участка и скважины	Глубина См	Содержание солей в мг/экв						
		Ca (HCO ₃) ₂	CaSO ₄	NaSO ₄	MgSO ₄	NaCl	MgCl ₂	CaCl ₂
Участок №1 Скв-1	0-25	0,5	12,36	Нет	нет	2,86	5,0	0,64
	25-50	0,5	4,5	0,916	нет	0,25	3,5	нет
	50-75	0,5	2,5	0,682	0,25	нет	1,25	нет
	75-100	0,5	1,5	0,726	0,25	нет	1,25	нет
Участок №1 Скв-2	0-25	0,5	7,0	0,166	нет	2,75	4,0	Нет
	25-50	0,5	2,5	0,726	0,25	нет	2,25	нет
	50-75	0,5	1,0	0,605	нет	нет	1,0	нет
	75-100	0,5	1,5	0,594	0,5	нет	1,0	нет
Участок №1 Скв-3	0-25	0,5	13,86	Нет	нет	2,86	5,0	0,64
	25-50	0,5	9,5	0,41	нет	0,25	2,0	нет
	50-75	0,5	7,0	0,704	1,0	нет	1,0	нет
	75-100	0,5	2,5	0,66	нет	нет	1,0	нет
Участок №2 Скв-1	0-25	0,5	9,236	Нет	нет	1,276	4,0	0,764
	25-50	0,5	3,5	0,33	0,75	нет	1,25	нет
	50-75	0,5	1,0	0,308	нет	нет	1,0	нет
	75-100	0,5	0,5	0,165	0,5	нет	0,5	нет
Участок №2 Скв-2	0-25	0,5	3,5	0,614	нет	0,75	1,5	Нет
	25-50	0,5	1,0	0,198	0,25	0,75	нет	нет
	50-75	0,5	0,5	0,132	0,256	нет	0,75	нет
	75-100	0,5	0,5	0,11	0,25	нет	0,75	нет
Участок №2 Скв-3	0-25	0,5	6,5	0,056	нет	1,0	3,5	Нет
	25-50	0,5	2,5	0,682	0,25	нет	1,75	нет
	50-75	0,5	1,5	0,113	нет	0,25	1,0	нет
	75-100	0,5	1,0	0,33	нет	нет	1,0	нет

Мониторинг минерализации оросительной и дренажной воды с апреля по сентябрь месяц указывает о незначительном изменении минерализации оросительной воды за указанный период с 0,521 г/л до 0,904 г/л на участке №1 и с 0,541 г/л до 0,966 г/л на участке №2 (Таблица 3). Максимальная минерализация наблюдается в августе, а минимальная - в сентябре.

Минерализация дренажной воды на участке №1 изменяется в пределах 0,836 г/л в августе и 2,236 г/л в апреле. На участке №2 дренажная вода имеет более низкую (в 1,7 раза) минерализацию, от 1,337 г/л в апреле до 0,705 г/л в августе (Таблица 3).

Количество Cl и SO₄ как в оросительной, так и в дренажной воде зависит от

общей минерализации воды. В оросительной воде обоих участков содержание Cl варьирует в пределах 2,5-4,5 мг/экв, а SO₄ 4,368-10,436 мг/экв. В дренажной воде Cl содержится 3,0-15,0 мг/экв, а SO₄ 5,78-26,84 мг/экв (Таблица 3).

Качественный состав солей в оросительной и дренажной воде близок, что обуславливает такой же состав гипотетической солей и в почвах.

Содержание гидрокарбоната в оросительной и особенно в дренажной воде значительно выше, чем в почвах. Максимальное количество 5,0 мг/экв. HCO₃ содержится в дренажной воде участка №1 в апреле и мае месяце.

Таблица 3. Динамика минерализации и состав ионов в оросительной и дренажной воде на участках №1, №2.

Название пробы, и время отбора	в %				в мг/экв/л								
	минерализация г/л	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na
Апрель													
Участок №1													
Дренажная вода	2,236	0,305	0,532	0,859	0,48	0,122	0,09	5,00	15,0	17,912	24,0	10,0	3,912
Оросительная вода	0,717	0,092	0,142	0,308	0,14	0,037	0,044	1,5	4,0	6,412	7,0	3,0	1,912
Участок №2													
Дренаж. вода	1,337	0,092	0,124	0,482	0,16	0,49	0,07	1,5	3,5	10,044	8,0	4,0	3,044
Оросит. вода	0,648	0,092	0,106	0,299	0,12	0,037	0,04	1,5	3,0	6,238	6,0	3,0	1,738
Май													
Участок №1													
Дренаж. вода	2,609	0,305	0,354	1,288	0,34	0,11	0,365	5,0	10,0	26,84	17,0	9,0	15,8
Оросит. вода	0,690	0,092	0,142	0,284	0,16	0,024	0,034	1,5	4,0	5,922	8,0	2,0	1,422
Участок №2													
Дренаж. вода	0,936	0,1525	0,124	0,455	0,14	0,061	0,08	2,5	3,5	9,476	7,0	5,0	3,476
Оросит. вода	0,685	0,092	0,088	0,346	0,14	0,037	0,028	1,5	2,5	7,216	7,0	3,0	1,216
Июнь													
Участок №1													
Дренаж. вода	1,852	0,183	0,248	0,95	0,24	0,091	0,232	3,0	6,98	19,780	12,0	7,5	10,291
Оросит. вода	0,684	0,077	0,115	0,321	0,14	0,03	0,039	1,26	3,23	6,686	7,0	2,5	1,730
Участок №2													
Дренаж. вода	1,01	0,122	0,107	0,543	0,14	0,067	0,092	2,0	3,01	11,310	7,0	5,5	4,081
Оросит. вода	0,676	0,076	0,088	0,351	0,12	0,043	0,036	1,25	2,47	7,311	6,0	3,5	1,596
Продолжение таблицы 3 Июль													
Участок №1													
Дренаж. вода	1,082	0,061	0,142	0,597	0,14	0,073	0,1	1,0	4,0	12,436	7,0	6,0	4,436
Оросит. вода	0,678	0,061	0,088	0,358	0,12	0,037	0,045	1,0	2,5	7,456	6,0	3,0	1,956

Участок №2												
Дренаж. вода	1,101	0,0915	0,106	0,631	0,14	0,073	0,105	1,5	3,0	13,152	7,0	4,652
Оросиг. вода	0,667	0,061	0,088	0,356	0,10	0,049	0,044	1,0	2,5	7,412	5,0	1,912
Август												
Участок №1												
Дренаж. вода	0,836	0,122	0,106	0,415	0,10	0,049	0,105	2,0	3,0	8,652	5,0	4,652
Оросиг. вода	0,904	0,0915	0,088	0,501	0,12	0,049	0,1	1,5	2,5	10,436	6,0	4,436
Участок №2												
Дренаж. вода	0,705	0,122	0,142	0,278	0,08	0,037	0,107	2,0	4,0	5,78	4,0	4,784
Оросиг. вода	0,966	0,152	0,159	0,438	0,14	0,061	0,092	2,5	4,5	9,13	7,0	4,132
Сентябрь												
Участок №1												
Дренаж. вода	1,664	0,183	0,302	0,765	0,32	0,085	0,1	3,0	8,5	15,936	16,0	4,436
Оросиг. вода	0,521	0,0915	0,106	0,2097	0,08	0,037	0,043	1,5	3,0	4,368	4,0	1,868
Участок №2												
Дренаж. вода	0,955	0,0915	0,124	0,490	0,14	0,037	0,118	1,5	3,5	10,216	7,0	5,216
Оросиг. вода	0,541	0,0915	0,088	0,238	0,10	0,024	0,045	1,5	2,5	4,956	5,0	1,956

При высоком содержании HCO_3 (более 1,4 мг/экв) часть его связана, кроме кальция, с натрием и магнием. Согласно анализам оросительных и дренажных вод количество магния в целом несколько выше, чем натрия.

Солевая съёмка, выполненная на участках после вегетации, свидетельствует о том, что почвы были хорошо промыты от солей в метровом слое в течение вегетации (Таблица 4). Остаточное количество хлора, в основном, находится в пределах 0,45-0,55 мг/экв до глубины 1 метра, что относит почвы к разряду незасолённых согласно классификации П.А. Керзум [8].

Выполненный расчёт баланса Cl и SO_4 в метровом слое на обоих участках показывает, что до вегетации количество Cl на участке №1 в пересчёте на 1 га, составляло 13,64 т/га, а после вегетации - 2,1 т/га, т.е. было вымыто 11,54 т/га. На участке №2 количество Cl до вегетации было 8,08 т/га, а после вегетации 2,34 т/га, здесь было вымыто 5,74 т/га.

Содержание SO_4 в метровом слое на участке №1 до вегетации 27,1 т/га, из метрового слоя было удалено 8,4 т/га.

На участке №2 до вегетации запасы SO_4 составляли 17,4 т/га, после вегетации - 13,6 т/га то есть количество SO_4 уменьшилось на 3,8 т/га.

В целом, после вегетации на обоих участках наблюдается отрицательный баланс по Cl и SO_4 . Однако, хлора было вымыто больше, чем сульфатов. Это объясняется тем, что основное количество сульфатов в почвах представлено средне растворимой солью CaSO_4 (гипс), которая не вымылась из почвы, а выщелачивался лишь сульфат натрия и магния.

На участке №1 рис был посажен рассадой, имеющими высоту 10-15 см. 4 июля, а на участке №2 рис был посеян 2 июля. В конце июля на обоих участках состояние риса было хорошее, и развитие растений было на стадии трубкования. Отмечено, что на участке №2 густота растений была выше, чем на участке №1 (рис 2). В августе месяце состояние посевов риса на обоих участках хорошее, рис находился на стадии цветения. Высота растений была в пределах 0,6-0,8 м.

В сентябре месяце на участке №1 наблюдалось более раннее созревание риса в сравнении с участком №2 и в конце сентября рис был скошен. На втором участке из-за более позднего созревания, рис был скошен в первой половине октября (рис 3). Урожай риса на первом участке составил, 40 ц/га. На втором участке урожай составил 42 ц/га.



Рисунок 3. Участок №2 Рис в стадии созревания.

Таблица 4. Содержание водорастворимых солей в почвах участков №1, №2 (после вегетации).

Название образца	глубина в см	в %										в мг/экв					
		сухой остаток	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na			
Участок №1, скв 1	0-25	0,633	0,01525	0,018	0,423	0,17	0,0122	0,0025	0,25	0,5	8,86	8,5	1,0	0,11			
	25-50	0,429	0,01525	0,018	0,282	0,1	0,0183	0,00275	0,25	0,5	5,87	5,0	1,5	0,121			
	50-75	0,227	0,01525	0,018	0,137	0,05	0,0122	0,0025	0,25	0,5	2,86	2,5	1,0	0,11			
	75-100	0,190	0,0305	0,018	0,102	0,04	0,0122	0,00275	0,5	0,5	2,12	2,0	1,0	0,121			
Участок №1, скв2	0-25	0,616	0,015	0,016	0,413	0,17	0,008	0,0022	0,25	0,45	8,66	8,59	0,67	0,10			
	25-50	0,382	0,015	0,016	0,248	0,09	0,018	0,0029	0,25	0,45	5,20	4,41	1,46	0,13			
	50-75	0,194	0,018	0,018	0,111	0,04	0,014	0,0027	0,30	0,5	2,33	2,0	1,11	0,12			
	75-100	0,203	0,024	0,018	0,116	0,04	0,014	0,0029	0,40	0,5	2,45	2,1	1,12	0,13			
Участок №1, скв3	0-25	0,622	0,021	0,018	0,415	0,16	0,016	0,0029	0,35	0,5	8,71	8,13	1,30	0,13			
	25-50	0,385	0,015	0,016	0,254	0,09	0,015	0,0027	0,25	0,45	5,34	4,65	1,27	0,12			
	50-75	0,184	0,018	0,018	0,102	0,04	0,012	0,0034	0,30	0,5	2,14	1,82	1,02	0,15			
	75-100	0,185	0,021	0,018	0,103	0,04	0,012	0,0025	0,35	0,5	2,18	1,92	1,00	0,11			
Участок №2, скв 1	0-25	0,411	0,0305	0,018	0,269	0,07	0,0366	0,0025	0,5	0,5	5,61	3,5	3,0	0,11			
	25-50	0,195	0,01525	0,018	0,114	0,04	0,0122	0,00275	0,25	0,5	2,37	2,0	1,0	0,121			
	50-75	0,192	0,01525	0,027	0,070	0,04	0,0122	0,003	0,25	0,75	2,13	2,0	1,0	0,132			
	75-100	0,249	0,01525	0,027	0,051	0,03	0,0305	0,00325	0,25	0,75	3,14	1,5	2,5	0,143			
Участок №2, скв 2	0-25	0,420	0,027	0,018	0,178	0,07	0,037	0,0032	0,45	0,5	5,83	3,6	3,04	0,14			
	25-50	0,202	0,027	0,018	0,074	0,04	0,013	0,0034	0,45	0,5	2,40	2,1	1,10	0,15			
	50-75	0,196	0,024	0,02	0,048	0,04	0,013	0,0029	0,40	0,55	2,28	2,0	1,10	0,13			
	75-100	0,234	0,024	0,02	0,036	0,04	0,023	0,0029	0,40	0,55	2,87	1,8	1,89	0,13			
Участок №2, скв 3	0-25	0,427	0,03	0,018	0,286	0,08	0,037	0,0045	0,5	0,5	6,00	3,78	3,02	0,20			
	25-50	0,195	0,03	0,016	0,119	0,04	0,015	0,0036	0,5	0,45	2,51	2,10	1,20	0,16			
	50-75	0,189	0,018	0,016	0,060	0,04	0,011	0,0027	0,30	0,45	2,31	2,00	0,94	0,12			
	75-100	0,206	0,015	0,018	0,055	0,04	0,012	0,0036	0,25	0,5	2,63	2,22	1,00	0,16			

Выводы

Исследование экологического состояния орошаемых земель района Дусти, показали, что за последние 20 лет произошло ухудшение их мелиоративного состояния и увеличение площади засоленных почв. Причиной этого явился подъём УГВ, вследствие заиления коллекторно-дренажной сети, очистка которой не проводилась из-за высокой стоимости мелиоративных работ и отсутствия необходимой сельхоз техники.

КДС находится в неудовлетворительном техническом состоянии - на значительном протяжении она заилена и заросла болотной растительностью, (камыш, тростник и т.д.). Глубина её перестала соответствовать проектным отметкам и не в состоянии выполнять свои функции по отводу и понижению УГВ. Это и явилось причиной подъёма уровня минерализованных грунтовых вод, что привело к развитию процессов вторичного засоления почв на значительной площади.

Результаты исследований на опытных участках, указывают на положительный эффект орошения риса водой, имеющей минерализацию до 1,0г/л. В течение вегетации, минерализация оросительной воды колебалась в пределах 0,521-0,966г/л.

Минерализация дренажной воды находилась в пределах 0,705-2,609г/л. Большое колебание минерализации дренажной воды в вегетационный период, связано со сбросами разного количества оросительной воды с полей в дрены.

Перед возделыванием риса на солончаках и сильно засоленных почвах необходимо промыть пахотный горизонт почв нормой 4000 м³/га. Посев риса семенами менее трудоёмкий и даёт лучшие результаты по сравнению с его посадкой рассадой.

Промывка сильнозасоленных почв и солончаков в вегетационный период под культурой риса позволяет полностью промыть верхний метровый слой почвы от легкорастворимых солей и одновременно получить хороший урожай риса в течение одного года. Важно также и то, что эти земли, уже на следующий год, можно использовать для посева хлопчатника и других сельскохозяйственных культур. Наши исследования показывают, что в условиях отсутствия воды в оросительных каналах в осенне-зимнее время, промывка засоленных почв в вегетационный период под культурой риса - наиболее перспективный и экономически выгодный метод рассоления почв.

Литература

1. Ваксман Э.Г. Пути оптимизации приёмов мелиорации засоленных земель в условиях Таджикистана. Д., 1982, 39с.
2. Сосин П.М., Алиев И.С., Сангинов С.Р., Эргашев М.Д., Цой О. Биологические и агротехнические меры снижения засоления почв и их воздействие на плодородие почв и урожайность культур. Материалы международной конф. «Повышение плодородия почвы в новых условиях землепользования» Душанбе, 2012, с.320-342.
3. Скрипчинская Л.В. Поймы Волги и рек северного Кавказа- основной резерв для развития рисосеяния // Автореф. дис. докт. с-х наук, Новочеркасск 1960, 42 с.
4. Крюгер Т.П. Посев риса на засоленных землях Центральной Ферганы. Ташкент, 1970, 70 с.
5. Осипов А.В. Изменение свойств солевого режима рисовых почв, современной дельты реки Кубани. Монография, Краснодар: Куб ГАУ, 2016, 131с.
6. Badawi A.M. A study on the relationship between salinization of the and water table depth and salinity, Zemljiste. Biljka, 1985.-V.34, n.2- S.101-108.
7. Базилевич Н.Н., Панкова Е.Н., Методические указания по учёту засоленных почв. Почвенный институт им. В.В. Докучаева, ВАСХНИЛ, 1968, 45 с.
8. Керзум П.А. Классификация засоленных почв по качественному составу и количеству солей. Доклады АН Таджикской ССР, том VII, №12, 1964, с. 28-31.

ВАЗЪБИЯТИ ЭКОЛОГИИ ЗАМИНҲОИ ОБЁРИШАВАНДАИ НОҲИЯИ ДУСТИ ВА УСУЛҲОИ ОПТИМАЛИИ ПАСТ КАРДАНИ ШУРНОКИИ ОНҲО ДАР ШАРОИТИ НОРАСОИИ ОБ

Сосин П.М.^{1*}, Некушоева Г.А.²

¹Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

²Институти хокшиносӣ ва агрохимияи Академияи илмҳои кишоварзии Тоҷикистон

*Муаллифи масъул. E-mail: psosin46@mail.ru

Шарҳи мухтасар. Дар мақола масъалаҳои обшӯйкунии шӯрзаминҳои обёришавандаи ноҳияи Дустии муҳокима карда мешавад. Корҳои таҷрибавии обшӯйкунӣ дар заминҳои ки хокашон сершӯр ва шӯрхокҳо дар давраи кишт ва напӯнамои шолӣ гузаронда шуданд. Шӯрнокии хок дар ҳолати аввал ва охири мавсими кишт муайян карда шуд. Дар давраи напӯнамо, ҳар моҳ минералинокшавии оби обёришаванда ва оби захбурӯҳи муайян карда мешуд. Пеш аз обшӯйкунӣ дар хок 8,5 мг/кв. хлор ва баъд аз напӯнамо то 0,5 мг/кв. хлор кам шуд. Дар натиҷаи таҷриба дар бобати барҳамдиҳии шӯрии хок ва дар айни замон ба даст овардани ҳосили шолӣ, натиҷаи хуб ба даст оварда шуд.

Калидвожаҳо: шӯршавии хок, шӯрхок (солончак), обшӯйкунии шӯрзаминҳо, намакҳои тезҳалишаванда, минералинокшавӣ.

ECOLOGICAL CONDITION OF IRRIGATED LAND IN THE DUSTI DISTRICT AND OPTIMAL METHODS FOR THEIR DESALINATION UNDER CONDITIONS OF WATER SCARCITY

Sosin P.M.^{1*}, Nekushoeva G.A.²

¹Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan

²Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Academy of Agricultural Sciences of Tajikistan

*Corresponding author. E-mail: psosin46@mail.ru

Abstract. The article addresses the issues of washing out the easily soluble salts from the irrigated saline soils of the Dusti district. Experimental soil desalinization was conducted on highly saline soils and salt marshes during the growing season under rice crops. Soil salinity was determined in the initial state and at the end of the growing season. During the growing season, the mineralization of irrigation and drainage water was determined monthly. Prior to leaching, the soil contained 8.5 mg/eq chlorine, and after vegetation it decreased to 0.5 mg/eq chlorine. The experiment yielded positive results in soil desalinization while simultaneously producing a rice harvest.

Keywords: soil salinization, salt marsh, soil desalinization (washing out), easily soluble salts, mineralization.

Маълумот оид ба муаллифон. Сосин Петр Михайлович- ходими калони илмии лабораторияи моделкунонии захираҳои об ва равандҳои иқлимии Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел.: (+992) 91 900 1725, E-mail: psosin46@mail.ru; Некушоева Гулнисо Акбаршоевна- ходими калони илмии шӯбаи генезис, тасниф ва харитасозии хоки Институти хокшиносӣ ва агрохимияи АИКТ, Тел.:(+992) 91 900 9246, E-mail: gulniso@mail.ru.

Сведения об авторах. Сосин Петр Михайлович- старший научный сотрудник лаборатории моделирования водных ресурсов и климатических процессов Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, Тел.:(+992) 91 900 1725, E-mail: psosin46@mail.ru; Некушоева Гулнисо Акбаршоевна - старший научный сотрудник отдела генезиса классификации и картографии почв Института почвоведения и агрохимии ТАСХН, Тел.:(+992) 91 900 9246, E-mail: gulniso@mail.ru.

Information about the authors. Sosin Piotr Mikhailovich- Senior Researcher at the Laboratory of Modeling of Water Resources and Climatic Processes of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of National Academy of Science of Tajikistan, Tel.: (+992) 91 900 1725, E-mail: psosin46@mail.ru; Nekushoeva Gulniso Akbarshoevna- Senior Researcher at the Soil Genesis classification and mapping department of Soil and Argo chemistry Institute of TAAS, Tel.: (+992) 91 900 9246, E-mail: gulniso@mail.ru.

РОЛЬ ВОДЫ КАК МАТЕРИАЛЬНОЙ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ В ЖИВОЙ И НЕЖИВОЙ ПРИРОДЕ

Джураев Т.Д.^{1,*}, Хакдод М.М.¹, Газизова Э.Р.², Тошев М.Т.²

¹Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной Академии наук Таджикистана

²Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими

*Автор-корреспондент. E-mail: tct45@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты сравнительного анализа строения воды и углерода, как представителей неживой природы, составляющих материальную основу веществ в живой природе. Показано, что их внутренняя структура, обеспечивающая формирование и передачу наследственных признаков соединений в природе, носит схожий характер. Информация, приведённая в данном сообщении, позволяет рассматривать вещества живой и неживой природы, как структурные аналоги воды. Это даёт возможность при их взаимодействии создавать уникальные требуемые свойства воды во время её кристаллизации.

Ключевые слова: вода, структура, органические и неорганические вещества, диаграмма диссоциации воды, химико-структурированная единица наследственности.

Введение

Значимость воды в различных природных процессах анализируется в ряде научных публикаций [1-3]. Несмотря на многолетние исследования, роль воды как материальной основы наследственности в живой и неживой природе не рассматривалась, кроме работ [4-9].

Перед нами стояла задача провести аналогию строения структуры воды со структурами веществ органической и неорганической природы с целью определения их общности. Естественно, что от структуры зависит качество вещества, а от его качества зависит долговечность, от которой зачастую зависит и наша жизнь. Поэтому структура и её формирование относятся к основополагающим понятиям. Под структурой подразумевается способ организации элементов и характер связи между ними. Под формированием структуры – возникновение новых свойств. Для удобства, в сравнении рассмотрим строение воды и углерода, которые являются неорганическими веществами, создающими органический мир, будучи в структуре жизненно важных его составляющих.

Подробное описание строения структуры воды с точки зрения кристаллохимической теории наследственности было

приведено в [4]. В работе указано, что элементы структуры жидкой воды состоят из двух составляющих: тетраэдрической и икосаэдрической конфигураций, которые в свою очередь различны друг от друга согласно плотности кластеров (малый, большой, гигантский, сверхгигантский) [4]. Электронная конфигурация молекулы воды (пространственное распределение электронных пар и конфигурация зарядов) установлена методом молекулярных орбиталей [9-11]. Она состоит из четырёх себе подобных частиц H_2O – химико-структурированных единиц наследственности (ХСЕН) и кристаллизуется в плотноупакованной гексагональной кристаллической решётке с тетраэдрической координацией и координационным числом, равным четырём, т.е. напоминает алмазную структуру (см. рис. 1, в) и вместо атомов углерода в молекуле воды $(H_2O)_5$ расположены частицы H_2O – ХСЕН, кристаллизующиеся в макромолекулу льда $[(H_2O) 5]n$. В 1 г-моле льда $n = 6.02 \cdot 10^{23} \cdot (H_2O)_5$. Если представить вид гипотетической модели молекулы воды в объёме, то она передает форму треугольной пирамиды, называемой в геометрии тетраэдром, у которой имеется 4 грани, а у каждой грани по 3 ребра. В свою оче-

редь лёд, т.е. затвердевшая вода, обладает многообразием кристаллических фаз, называемых полиморфными формами льда. Обычный лёд, в который кристаллизуется вода при температуре $T=0^{\circ}\text{C}$ и давлении $P=1$ атм. является одним из представителей девятнадцати видов полиморфных форм льдов, образующихся в зависимости от T и P [12]. Экспериментально установлена большая подвижность водных ионов во льду, и это дало основание Эйгену [13] классифицировать лёд как «протонный» полупроводник.

А что общего у воды с углеродом? Как известно [10], углерод в природе встречается в нескольких аллотропных модификациях, наиболее распространенными из

которых являются алмаз и графит. Алмаз имеет структурный тип гранцентрированной кубической кристаллической решётки. При образовании химической связи между атомами углерода в возбужденном состоянии электронная пара обобществляется (рис. 1, а) и при перекрывании орбиталей становится связывающей. В результате этого атом углерода образует 4 sp^3 -гибридных орбитали (рис. 1, б). При этом он имеет 4 равноценные σ -связи (sp^3 -гибридные орбитали) и тетраэдрически окружён четырьмя такими же атомами углерода, т.е. атом углерода образует полимерную молекулу алмаза $[(C)_5]_n$, аналогично воде.

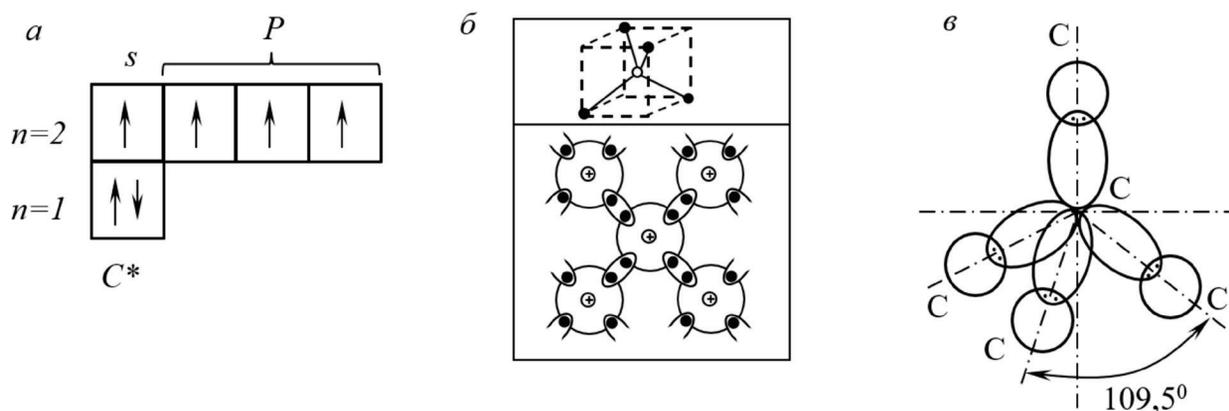


Рисунок 1. Образование ХСЕН с тетраэдрической конфигурацией на примере образования молекулы алмаза. а – схема электронно-структурной формулы внешнего слоя электронов 4-х валентного углерода (C^* – возбужденное состояние); б – образование 4-х равноценных ковалентных sp^3 -связи; в – перекрывание электронных орбиталей с тетраэдрической конфигурацией в молекуле алмаза.

В живых организмах структурообразование сопровождается разрывом химических связей и образованием новых, тогда как в процессе кристаллизации межатомные связи не затрагиваются. Продукты структурообразования, образующиеся в живой природе, например, целлюлоза, белок и др., обладают повышенным запасом энергии, накопленной в виде энергии связи в их неплотных структурах. Структурообразование при этом сопровождается биологической редупликацией – процессом воспроизведения структурами самих

себя, в которых исходная макромолекула является шаблоном, т.е. матрицей для сборки новой, точно такой же макромолекулы из структурных единиц. Другими словами происходит точное копирование генетической информации и передача её от поколения в поколение [14]. Ранее было установлено, что носителем наследственной информации в живой природе (клетке) является ДНК-молекула, как утверждают биохимики [14]. Молекула ДНК – это полимер, субъединица которого состоит из нуклеотида, представля-

ющего собой соединение остатка сахара, фосфорной кислоты и азотистого основания. Первые два компонента одинаковы во всех молекулах ДНК. Специфика генов связана с различными сочетаниями четырёх азотистых оснований – аденина, тимина, цитозина и гуанина, которые в числе нескольких сот нуклеотидов входят в состав отдельных генов. Порядок азотистых оснований внутри гена составляет его код, при помощи которого ген, передавая свою информацию в клетку, определяет ту или иную сторону развития жизни клетки и организма в целом.

Таким образом, следует отметить, что жизнь можно рассматривать как одну из областей химии, где протекают процессы координационной химии. Например, в живой природе в механизме аэробного метаболизма, который приводит к полному сгоранию органических молекул, играют основную роль химические соединения – цитохромы. Последними называют молекулы, в которых атомы Mg, Fe, Zn, Co, Cu и Ag образуют комплексы с порфирином (табл. 1). В них вокруг ионов металлов координируются тетрадентат-

ные хелатные группы. Название «хелат» происходит от греческого слова «клешня», «тетрадентатный» буквально означает «четырёхзубый». При этом нельзя не заметить удивительные совпадения характеристик геометрических структурированных единиц наследственности и химических чисел, как в неорганических, так и в органических соединениях. Например, в органической природе, в алканах, каждый атом углерода образует 4 тетраэдрические эквивалентные sp³-связи с углами между ними – 109.5°, и их кристаллы проявляют полупроводниковые свойства [8-10]. Последовательность аминокислот в белке определяется последовательностью 4 азотистых оснований в ДНК. В комплексных молекулах цитохрома (металлоорганические соединения) вокруг ионов металлов координируются тетрадентатные (хелатные) группы.

Ниже кратко для выявления структурных аналогов воды рассмотрим характеристики кристаллов веществ, присущих для неорганической и органической природы (табл. 1).

Таблица 1. Вещества неорганической и органической природы – структурные аналоги воды

Природа	Неорганическая				Органическая		
	алмаз	вода	сфалерит	вюрцит	адамантан	комплексы Mg, Fe, Zn, Ni, Co, Cu и Ag с производными порфирина	
Химическая формула	[(C)5] _n	[(H2O)5] _n	ZnS	ZnS	C10H16	Порфин	Хлорофилл
Структурный тип	ГЦК	ПУГ	ГЦК	ПУГ	ГЦК	ГЦК**	ГЦК**
Конфигурация генетического кода	ТЭ	ТЭ	ТЭ	ТЭ	ТЭ	ТЭ	ТЭ
Координационное число	4	4	4	4	4	4	4
Тетраэдрический угол	109.50	109.50	109.50	109.50	109.50	109.50	109.50
Свойства	ПП*	ПП*	ПП	ПП	ПП*	ПП*	ПП*
Примечание: * - прогнозируемое полупроводниковое свойство; ** - прогнозируемый структурный тип ТЭ - тетраэдрическая							

Сфалерит – структурный тип сульфида цинка имеет ГЦК решётку с тетраэдрическим внутренним строением химико-структурированной единицы наследственности и координацией атомов цинка и серы, равной КЧ = 4. По рассматриваемым свойствам сфалерит является полупроводником.

Вюрцит – высокотемпературная кристаллическая модификация сульфида цинка ZnS, устойчивая выше 1020°C. Структурным типом является ПУГ решётка и имеет ХСЕН в виде многогранника с тетраэдрической координацией атомов серы (цинка) и КЧ = 4. Вюрцит также проявляет полупроводниковые свойства.

Адамантан – насыщенный трициклический мостиковый углеводород с формулой C₁₀H₁₆. Его название происходит от греческого слова «адамас», что означает «как алмаз». Это указывает на то, что он имеет алмазную структуру. Его ХСЕН – многогранник с ТЭ конфигурацией и КЧ = 4. Кристалл адамантана существует в виде ГЦК решётки (очень редкая для органических соединений). Проявляет себя как полупроводник.

Порфириин – природное или синтетическое соединение порфина, способное координационно связывать ионы металлов, образуя очень стабильные металлоорганические комплексы, имеющие ХСЕН с ТЭ координацией. Структурный тип кристаллической решетки порфирина не установлен. Авторы [7-8] прогнозируют для кристаллов порфирина ГЦК-решётку и полупроводимость.

Хлорофилл – представляет собой зелёный пигмент, состоящий из металлоорганического комплексного соединения C₅₅H₇₂MgN₄O₅, которое обладает ХСЕН с ТЭ координацией и имеет (или приобретает под влиянием внешних воздействий) электронную или дырочную полупроводимости. Структурный тип кристаллической решётки хлорофилла

также не установлен. Авторы [7-8] прогнозируют для кристаллов хлорофилла ГЦК-решётку.

В неживой природе кристаллизация и структурообразование, в сущности, также является процессом сборки структурных единиц на поверхности готового кристалла - подложки или же затравки, служащие шаблоном. Однако, разницей между редупликацией и кристаллизацией является то, что редупликация не может идти самопроизвольно и требует притока энергии извне, а кристаллизация – это самопроизвольный процесс, протекающий с выделением энергии. Процесс отвердевания обычно изучают на примере кристаллизации. Это не только важный, но и сравнительно простой случай фазового превращения (ФП), т.е. перехода из газообразного или жидкого состояния вещества в твёрдую фазу. В зависимости от того, как совершается переход от одного агрегатного состояния к другому, фазовые превращения можно разделить на две группы. К первой из них относится плавление и сублимация, ко второй – испарение, кристаллизация из жидкости, конденсация и кристаллизация из пара. Для того чтобы понять с какими фазовыми превращениями структуры воды мы можем столкнуться в реальности, обратимся к диаграмме диссоциации воды (рис.2), построенной на экспериментальных данных Д.А. Петрова [5]. Можно видеть (рис. 2), что вода, состоящая из молекул кислорода и водорода, образуется в газовой фазе. Поэтому закладка ХСЕН воды осуществляется при сравнительно высоких температурах и по мере снижения температуры претерпевает ряд изменений, связанных с уплотнением и изменением концентрационных кластеров, состоящих из ХСЕН и являющихся носителями уже заложенной структурной информации жидкой воды [4].

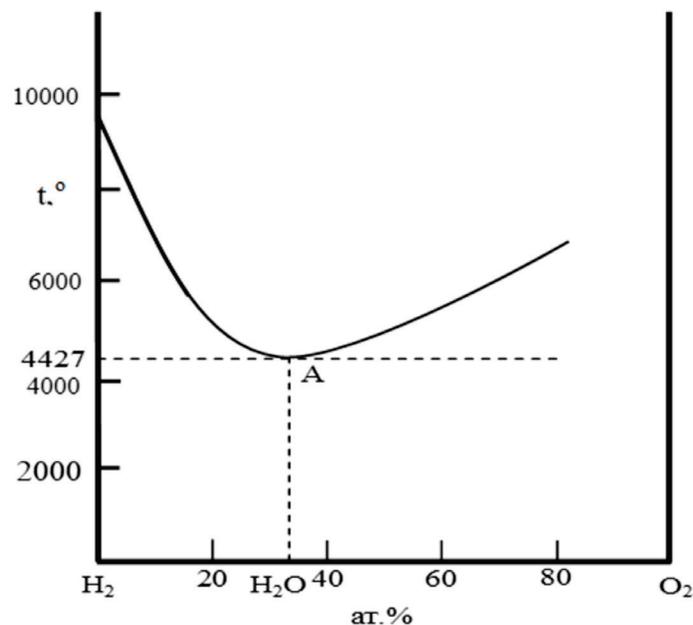


Рисунок 2. Диаграмма диссоциации воды [11].

Литература

1. Копылова В.Д., Веницианов Е.В. Вода в природе, значение и свойства // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2012. – Т. 12. – Вып. 5. – С. 828-838.
2. Салтыков В.Ф. Значение воды как основного агента в зоне гипергенеза/[Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/znachenie-vody-kak-osnovnogo.../>.
3. Савилова Е.Б., Ханнанова Ф.Ф. О видах воды в горных породах и минералах // Шаг в науку. – 2018. – № 2. – С. 238-240.
4. Джураев Т.Д., Тошев М.Т., Газизова Э.Р., Хакдод М.М. Новая кластерная модель структуры воды // Водные ресурсы, энергетика и экология. – 2023. – № 3 (3). – С.55-61.
5. Джураев Т.Д., Газизова Э.Р., Тошев М.Т., Ходжиев Г.К. К проблеме кластерного строения элементов структуры расплава // Труды VIII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Наследственность в литейно-металлургических процессах». – Самара: СамГТУ. – 2018. – С. 167-173.
6. Газизова Э.Р., Джураев Т.Д., Тошев М.Т., Генетическая взаимосвязь между структурами газообразного, жидкого и твердого состояний веществ // Вестник ТГУ. – 2016. – № 4(36). – С. 33-37.
7. Газизова Э.Р., Джураев Т.Д., Тошев М.Т., Ходжиев Г.К. Об аналогии существования генетического кода в неорганической и органической природе // ДАН РТ. – 2016. – Т.59. – № 9-10. – С. 409-412.
8. Газизова Э.Р., Джураев Т.Д., Тошев М.Т., Ходжиев Г.К. Аналогия геометрических форм кристаллов неорганических соединений и металлоорганических комплексных соединений // Вестник ТНУ. – 2016. – №1/4(216). – С. 226-230.
9. Джураев Т.Д., Газизова Э.Р., Тошев М.Т. Проявление физической наследственности в неорганической природе // ДАН РТ. – 2012. – Т.55. – № 5. – С.398-402.
10. Джураев Т.Д., Газизова Э.Р., Хакдодов М.М. Физико-химические основы наследственности в неорганической природе. – Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co KG. – 2011. – 128 с.
11. Бокый Г.Б. Кристаллохимия. – М.: Наука. – 1971. – 400 с.
12. Электронный ресурс. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Лёд#cite_note-11
13. Зацепина Г.Н., Физические свойства и структура воды. – М.: МГУ им. Ломоносова, 1987, 172 с.
14. Кемп П., Армс К. Введение в биологию. – М.: Мир, 1988, 671 с.

НАҚШИ ОБ ҲАМЧУН МАВОДИ АСОСИИ ЗУҲУРОТИ ИРСӢ ДАР ТАБИАТИ ЗИНДА ВА ҒАЙРИЗИНДА

Джураев Т.Д.^{1,*}, Ҳақдод М.М.¹, Газизова Э.Р.², Тошев М.Т.²

¹Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

²Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осимӣ

*Муаллифи масъул. E-mail: mcm45@mail.ru

Шарҳи мухтасар. Дар мақола натиҷаҳои таҳлили муқоисавии сохтори об ва карбон ҳамчун намо-яндагони табиати ғайризинда, ки маводи асосии моддаҳои табиати зиндари табиат мебошанд, оварда шудааст. Исроҳот шудааст, ки сохти дохилии онҳо, ки дар табиат ва интиқоли хусусиятҳои якхелаи зуҳуроти ирсии пайвастаҳои химиявиро дар табиат таъмин мекунад, хос мебошад. Маълумоте, ки дар ин паём оварда шудааст, ба мо имкон медиҳад, ки моддаҳои табиати зинда ва ғайризиндари ҳамчун қи-ёси (аналогҳои) сохтори об дошта, баррасӣ кунем. Ин имкон медиҳад, ки тавассути боҳамтаъсирии ин моддаҳо хосиятҳои нодирри зарурии обро ҳангоми сахтшавӣ (кристаллизатсия) ба вуҷуд оварда шаванд.

Калидвожаҳо: об, сохтор, моддаҳои органикӣ ва ғайриорганикӣ, диаграммаи диссоциатсияи об, воҳи-ди химиявӣи структурии ирсӣ.

THE ROLE OF WATER AS THE MATERIAL BASIS OF HERITAGE IN LIVING AND NON-LIVING NATURE

Juraev T.D.^{1,*}, Khakdod M.M.¹, Gazizova E.R.², Toshev M.T.²

¹Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan

²Tajik Technical University named after Acad. M.S. Osimi

*Corresponding author. E-mail: mcm45@mail.ru

Abstract. This article presents the results of a comparative analysis of the structures of water and carbon, as representatives of inanimate nature, constituting the material basis of substances in living nature. It is shown that their internal structure, which ensures the formation and transmission of hereditary characteristics of compounds in nature, is of a similar nature. The information provided allows us to consider substances of living and inanimate nature as structural analogues of water. This makes it possible, through their interaction, to create the unique required properties of water during its crystallization.

Keywords: water, structure, organic and inorganic substances, water dissociation diagram, chemically structured unit of heredity.

Маълумот оид ба муаллифон. Ҷураев Тухтасун Ҷураевич – доктори илмҳои химия, профессор, сарҳодими илми Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. E-mail: mcm45@mail.ru. Ҳақдод Маҳмадшариф Маҳмуд – доктори илмҳои техникӣ, профессор, сарҳодими илми Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. E-mail: mkhakdodov@mail.ru. Газизова Эльвира Рашитовна — номзоди илмҳои химия, дотсенти кафедраи металлургияи Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осимӣ. Тошев Мансур Толибҷонович — номзоди илмҳои техникӣ, дотсенти кафедраи металлургияи Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ. E-mail: toshev1102@mail.ru.

Сведения об авторах. Джураев Тухтасун Джураевич – доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ. E-mail: mcm45@mail.ru. Хақдод Маҳмадшариф Маҳмуд – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ. E-mail: mkhakdodov@mail.ru. Газизова Эльвира Рашитовна – кандидат химических наук, доцент кафедры металлургии Таджикского технического университета имени акад. М.С. Осими. Тошев Мансур Толибҷонович – кандидат технических наук, доцент кафедры металлургии Таджикского технического университета имени акад. М.С. Осими. E-mail: toshev1102@mail.ru.

Information about the authors. Juraev Tukhtasun Juraevich – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Senior Researcher of the Institute of Water, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of

Tajikistan. E-mail: mcm45@mail.ru. Haqodod Mahmasharif Mahmud – Doctor of Technical Sciences, Professor, Senior Researcher of the Institute of Water, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. E-mail: mkhakdodov@mail.ru. Gazizova Elvira Rashitovna – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Metallurgy of the Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi. Toshev Mansur Tolibjonovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Metallurgy of the Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi. E-mail: toshev1102@mail.ru.

УДК 626.81

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОДАХ (на примере города Душанбе)

Набиев З.А.¹, Шарифзода Ш.К.¹, Амирзода О.Х.^{1,*}

¹Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной Академии наук Таджикистана

*Автор-корреспондент. E-mail: orif2000@mail.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты исследования по содержанию тяжелых металлов и органических загрязнений в поверхностные сточные воды, которые сбрасываются в водные объекты без предварительной очистки. Определено, что в поверхностных сточных водах наблюдается превышение значений ПДК для воды питьевого и рыбохозяйственного значения по соотношению массовая концентрация брома, марганца, железа и цинка. Даются рекомендации, что результаты исследования количественного состава по содержанию ионов тяжелых металлов и некоторых органических компонентов в поверхностных сточных водах могут быть использованы при оценке состояния водных ресурсов, степени антропогенной нагрузки на водную экосистему и окружающую среду.

Ключевые слова: Поверхностные сточные воды, тяжелые металлы, органические компоненты, предельно-допустимая концентрация, рекреационный водный объект.

Введение

В современных условиях урбанизации и антропогенной нагрузки решение вопросов очистки поверхностного стока, сохранения водной экосистемы и рационального использования водных ресурсов невозможно без точной информации о физико-химическом и органическом составе отводимых поверхностных сточных вод.

Кроме того, определено, что одна из основных задач Целей устойчивого развития (ЦУР 6.3.) направлена на сокращение вдвое доли неочищенных сточных вод, сбрасываемых в водные объекты. К тому же, обеспечение качества водных объектов зависит от постоянного мониторинга и контроля источников загрязнения и неконтролируемых сбросов [1].

Водные объекты, являются высокочувствительными индикаторами изменений основных показателей состава поверх-

ностных сточных вод, что необходимо требует комплексной оценки физико-химического состава, содержания органических загрязнений и тяжелых металлов [2].

Известно, что поверхностные сточные воды в условиях города Душанбе отводятся через лотковую сеть, каналах и селевые сбросы, где далее выбрасываются в реку Душанбинку и другие водные объекты.

В данной статье рассматривается вопросы определение содержания тяжелых металлов и органических загрязнений в поверхностных сточных водах, в целях оценки реки Душанбинки как рекреационный водный объект.

Главным фактором, при котором река Душанбинка рассматривалась как рекреационный водный объект, в первую очередь является потребность в них городского населения. В связи с этим принято, чтобы в качестве объектов рекреации рассматривались водоемы, тяготеющие

к населенным пунктам. Реку Душанбинку возможно использовать в следующих целях: организация водных туристских маршрутов; организация пляжно-купальной рекреации (купание, плавание, прыжки в воду и в водноспортивных целях).

В статье представлены результаты исследования содержания тяжелых металлов и органических показателей в поверхностных сточных водах в некоторых выбранных точках территорий города Душанбе и селевых сбросах перед их сбросом в реку Душанбинку.

Отбор и анализ гидрохимических проб проводился в соответствии с методиками выполнения измерений, принятых в нормативных документах.

Методика исследования

Для определения качественных характеристик состава поверхностных сточных вод нами выбраны отборы проб талых стоков в восьми точках. Пробы от дождевых стоков были выбраны от селесбросов перед впадением в реку Душанбинка. Образцы проб были выбраны в середине, и в конце января 2023 года, во время обильных дождевых осадков и снегопадов [3].

Качественный и количественный анализ содержания тяжелых металлов в поверхностных сточных водах проводился на измерительном аппарате "Спектроскан Макс-G". Данный аппарат является рентгеновский сканирующий спектрометр с кристалл-дифракционным детектором. При приготовлении образца было соблюдено условие отсутствия неоднородностей и шероховатости (гладкость) поверхности образца для уменьшения погрешности измерения и увеличение точность определения образцов. Использование метода рентгенофлуоресцентного анализа позволяет осуществлять мониторинг воды с одновременным определением суммарного содержания атмосферных загрязняющих веществ, к числу которых относятся цинк, железо, марганец, хром, гадолиний и европий.

Содержание органических компонентов в поверхностных сточных водах определяли на спектрофотометре IRTracer-100 (Shimadzu, Япония).

Тяжелые металлы относятся к приоритетным загрязняющим веществам, наблюдения за которыми обязательны во всех средах.

В Республике Таджикистан содержание тяжелых металлов и других загрязняющие вещества регламентируется принятым нормативным документом «Санитарные правила и нормы. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», «СанПиН 2.1.4.004-07» от 28.02.2007 г. №75 [4].

Контроль содержание органических загрязнений в поверхностных сточных водах также необходим, так как органические вещества выступают в роли рекреационных ресурсов, а повышенные их концентрации в природных водах могут отрицательно сказываться на здоровье человека [5-6].

Целью настоящего исследования явилось определение тяжелых металлов методом рентгенофлуоресцентного анализа и спектрофотометрическое определение органических загрязнений в поверхностных сточных водах в выбранных точках.

Результаты и обсуждение

Данные по определению некоторых тяжелых металлов в поверхностных сточных водах представлены в таблице 1.

Полученные данные таблицы 1 показывает, что во всех случаях было зафиксировано превышение значений ПДК для питьевого назначения и рыбохозяйственных водоемов по соотношению массовая концентрация брома, марганца, железо и цинка. При этом содержание брома превышало принятые нормативы в 3,65 до 81 раза, марганца в 1,5 до 47,3 раза, железо в 19,8–54,3 раза, а содержание цинка – в 1,15–17 раза.

Таблица 1. Среднее содержание некоторых тяжелых металлов в поверхностных сточных водах

п/п	Наименование металлов	Содержание тяжелых металлов, мг/дм ³							
		№ 1	№ 1А	№ 3	№ 6А	№ 2	№ 2А	№ 4	№ 4А
		Селесброс «Шураксой»		Селесброс «Носирова»	Пробы от таяние снега	Селесброс «Карамова»		Селесброс «Шотермур»	
1	Бром (Br)	1.96	0.10	3.21	0.73	0.13	1.12	2.03	16.2
2	Марганец (Mn)	0.15	11.9	0.23	13.6	14.2	2.33	1.46	0.31
3	Железо (Fe)	8.32	12.5	12.9	5.94	13.8	15.8	16.3	6.71
4	Цинк (Zn)	2.87	1.15	3.45	17.2	1.99	0.89	0.2	3.47

В поверхностных сточных водах исследуемых селевых сбросах основным металлом-загрязнителем является железо, которое повсеместно наблюдается в наибольших концентрациях – или превышающих ПДК.

Концентрации остальных металлов, в целом, значительно ниже зафиксированных концентраций железа, но тоже нередко превышающих ПДК.

Степень антропогенного давления на речные экосистемы, зависящая от объемов сброса очищенных сточных вод и поверхностные сточные воды, может в

значительной степени нивелироваться за счет снижения концентраций до относительно безопасных значений, а также за счет процессов самоочищения и разбавляющей способности рек.

Также в целях определения содержания органических загрязнений в поверхностных сточных водах нами было проведено исследование на наличие некоторых органических компонентов (диэтиленгликоль, этиленгликоль, диэтилфталат, диметиловый эфир). Результаты анализов приводятся в таблице 2.

Таблица 2. Среднее содержание органических загрязнений в поверхностных сточных водах

п/п	Наименование органических веществ	Содержание органических загрязнений, мг/дм ³							
		№ 1	№ 1А	№ 3	№ 6А	№ 2	№ 2А	№ 4	№ 4А
		Селесброс «Шураксой»		Селесброс «Носирова»	Пробы от таяние снега	Селесброс «Карамова»		Селесброс «Шотермур»	
1	Диэтиленгликоль	фк	фк	фк	фк	0.10	0.87	0.90	1.0
2	Этиленгликоль	фк	0.03	0.02	0.02	фк	фк	0.02	0.01
3	Диэтилфталат	0.43	0.74	фк	0.17	0.03	фк	фк	2.14
4	Диметиловый эфир	2.86	1.74	фк	2.17	1.61	3.12	2.58	2.56

Примечание: фк – фоновая концентрация.

Как видно из таблицы 2 содержание органических веществ в исследуемых точках не значительное. Только содержание диэтилфталат в точках отбора 4А и 1А превышало ПДК (ПДК составляет 0,5 мг/м³). В остальных случаях значения орга-

нических загрязнений соответствуют нормы предельной допустимой концентрации исследуемых компонентов.

На рисунках 1 и 2 приводятся результаты спектрометрического измерения по содержанию органических загрязнений.

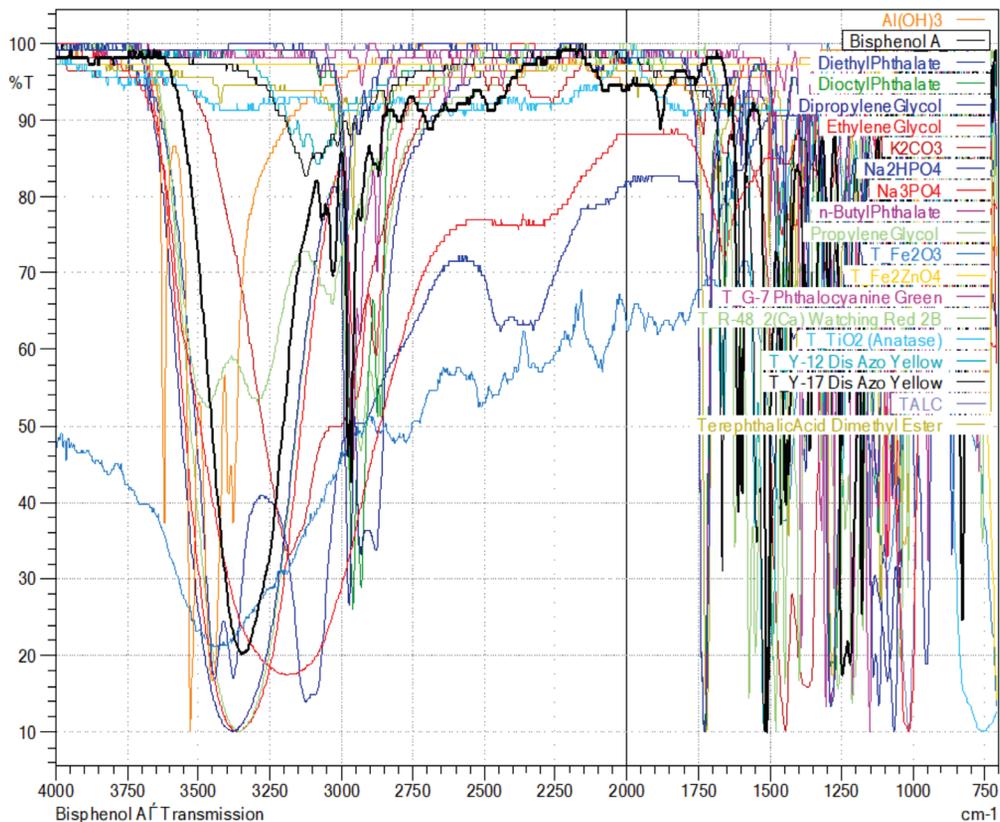


Рисунок 1. Содержание диэтилфталат в селевые сбросы «Шотемур»

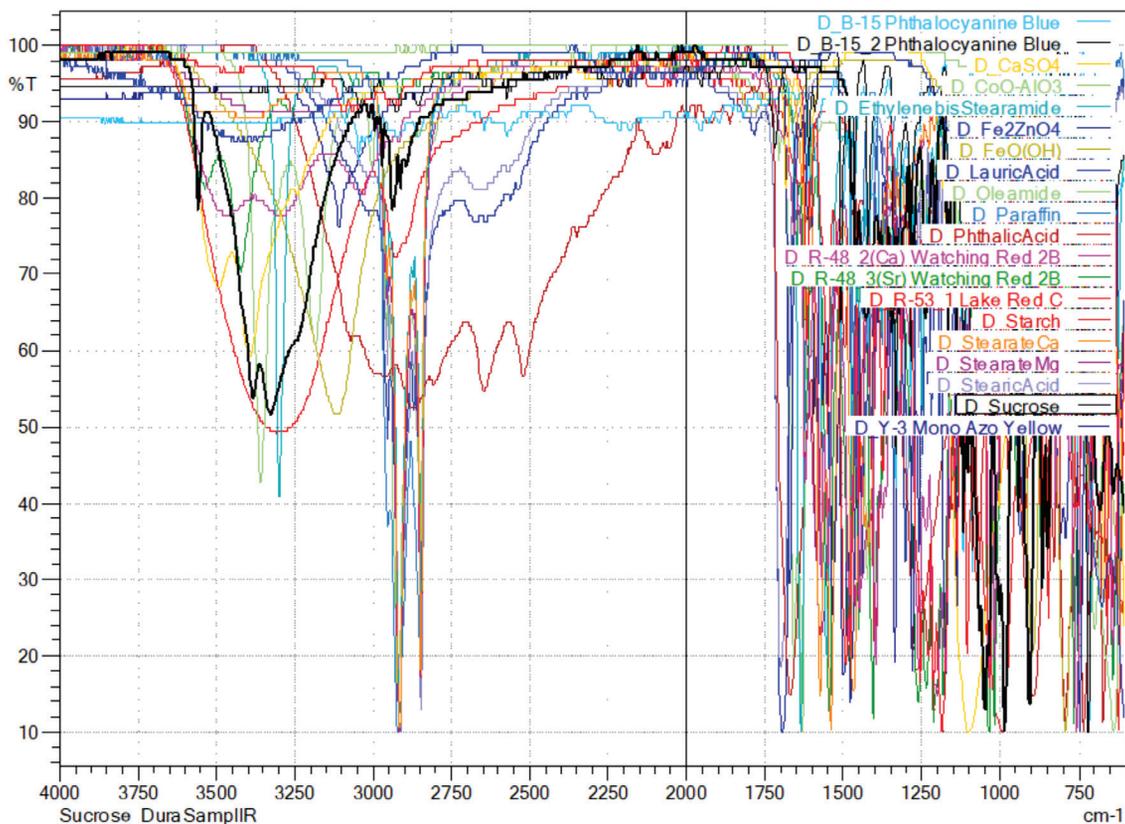


Рисунок 2. Содержание диэтилфталат в селевые сбросы «Шураксой»

Заключение

Проведенные нами исследования показали, что по содержанию исследуемых тяжелых металлов и органических загрязнений в поверхностных сточных водах превышают нормы допустимых значений, и рекомендуется, что перед сбросом их в реку Душанбинка следует, проходит предварительную очистку.

В целях комплексной оценки о содержащиеся химического и органического загрязнения поверхностных сточных вод, необходимо совершенствовать методы:

- оценки переноса загрязняющих веществ;

- правильно организовать учет сбора и отвода поверхностных сточных вод через каналы и селевые сбросы;

- уточнить методы количественной оценки загрязнений, поступающих в водные объекты поверхностного стока с урбанизированных и селитебных территорий.

Результаты исследования количественного состава по содержанию ионов тяжелых металлов и некоторых органических компонентов в поверхностных сточных водах могут быть использованы при

оценке состояния водных ресурсов, степени антропогенного нагрузки на водную экосистему и окружающую среду.

Литература

1. Краткий обзор Доклада ООН о прогрессе 2021 года: ЦУР 6. Водоснабжение и санитария для всех. 2021г. С.58.
2. Попов, А.Н. Динамика трансформации соединений тяжелых металлов в поверхностных водах / А.Н. Попов, О.В. Беззапонная; под ред. Т.Г. Тараненко. – Гидрометеиздат, 2001. С. 72–73.
3. Набиев З., Амирзода О.Х. Оценка воздействия поверхностного стока на водные объекты/ Материалы Межд.НПК «Водная безопасность – основа устойчивого развития», г. Душанбе, ИВП,ГЭиЭ НАН Таджикистана, 5-6 октября 2022г., С.69-76.
4. Санитарные правила и нормы. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества/ Утвержден главным государственным санитарным врачом Республики Таджикистан «СанПиН 2.1.4.004-07» от 28.02. 2007 г. №75, с.30.
5. Байчоров, В.М. Экологические риски и оценка состояния водотоков Беларуси / В.М. Байчоров, Г.М. Тищиков, Н.Н. Рощина. – Минск: «Белорусская наука», 2006. - С. 117.
6. Йохельсон, И.Б. Вопросы контроля загрязнения водной среды/ И.Б. Йохельсон, И.А. Колоскова. -z М. : Гидрометиздат, 1981. 436 с.

ТАРКИБИ МЕТАЛЛҲОИ ВАЗНИН ВА ИФЛОСИҲОИ ОРГАНИКӢ ДАР ОБҲОИ ПАРТОВИ САТҲӢ (дар мисоли шаҳри Душанбе)

Набиев З.А¹, Шарифзода Ш.К.¹, Амирзода О.Х.^{1,*}

¹Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

*Муаллифи масъул. E-mail: orif2000@mail.ru

Шарҳи мухтасар. Дар мақола натиҷаҳои таҳқиқот оид ба таркиби металлҳои вазнин ва ифлосиҳои органикӣ дар обҳои партови сатҳӣ, ки ба объектҳои обӣ бе тозакунии пешакӣ интиқол дода мешаванд, оварда шудааст. Муайян карда шудааст, ки дар обҳои партови сатҳӣ нишондиҳандаҳои баланд аз қимати ҳадди аққали ҷоиз (ҲАҶ), ки барои таъиноти оби нӯшокӣ ва хоҷагии моҳидорӣ муқаррар шудааст, аз рӯи таносуби ҳаҷми ҷоизи бром, марганес, оҳан ва рӯҳ, ба назар мерасад.

Тавсияҳо пешниҳод мегардад, ки натиҷаҳои таҳқиқоти таркиби миқдорӣ аз рӯи миқдори ионҳои металлҳои вазнин ва баъзе компонентҳои органикӣ дар обҳои партови сатҳӣ метавонанд барои арзёбии ҳолати захираҳои об, дараҷаи сарбории антропогенӣ ба низоми экологии об ва муҳити зист, истифода карда шаванд.

Калидвожаҳо. Обҳои партови сатҳӣ, металлҳои вазнин, компонентҳои органикӣ, ҳадди аққали ҷоиз, объекти оби фарагатӣ.

**CONTENT OF HEAVY METALS AND ORGANIC
POLLUTANTS IN SURFACE WASTEWATER
(using Dushanbe as a case study)**

Nabiev Z.A.¹, Sharifzoda Sh.K.¹, Amirzoda O.Kh.^{1,*}

¹*Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan*

^{*}*Corresponding author. E-mail: orif2000@mail.ru*

Abstract. *The article presents the results of a study on the content of heavy metals and organic pollutants in surface runoff waters, which are discharged into water bodies without prior treatment. It has been determined that surface runoff waters exhibit exceedances of the maximum permissible concentrations (MPC) for drinking and fishery water standards in terms of the mass concentration ratio of bromine, manganese, iron, and zinc. Recommendations are provided, stating that the results of the quantitative composition analysis of heavy metal ions and certain organic components in surface runoff waters can be used to assess the state of water resources, the degree of anthropogenic impact on the aquatic ecosystem, and the environment.*

Keywords: *Surface runoff waters, heavy metals, organic components, maximum permissible concentration, recreational water body.*

Сведения об авторах: Набиев Зоҳир Аҳмадович - соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии, НАНТ. Тел.: (+992)909296329, E-mail: zohir-92@bk.ru, Шарифзода Шухрат Курбон – к.т.н., докторант Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии, НАНТ. Тел.: (+992)110820505, E-mail: shukhrat.s@inbox.ru, Амирзода Ориф Хамид - доктор технических наук, доцент, директор Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии, НАНТ. Тел.: (+992)987387272, E-mail: orif2000@mail.ru.

Маълумот оид ба муаллифон. Набиев Зоҳир Аҳмадович - унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ. Тел.: (+992)909296329, E-mail: zohir-92@bk.ru, Шарифзода Шухрат Курбон – н.и.т., докторанти Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ. Тел.: (+992)110820505, E-mail: shukhrat.s@inbox.ru; Амирзода Ориф Хамид – доктори илмҳои техники, дотсент, директори Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ. Тел.: (+992)987387272, E-mail: orif2000@mail.ru.

Information about authors. Nabiev Zohir Ahmadovich - scientific applicant of the Institute of water problems, hydropower and ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Tel.: (+992)909296329, E-mail: zohir-92@bk.ru; Sharifzoda Shuhrat Kurbon – candidate of technical sciences, - scientific applicant of the Institute of water problems, hydropower and ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Tel.: (+992)110820505, E-mail: shukhrat.s@inbox.ru; Amirzoda Orif Hamid - Doctor of Technical Sciences, dotsent, Director of the Institute of water problems, hydropower and ecology of the NAST. Tel.: (+992)987387272, E-mail: orif2000@mail.ru.

ҚОИДАҲО БАРОИ МУАЛЛИФОНИ

Маҷаллаи илмӣ «Захираҳои об, энергетика ва экология»-и

Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи

Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

Мақолаҳои илмӣ, ки барои нашр ба маҷалла пешниҳод мегарданд, бояд ба талаботи зерин ҷавобгӯ бошанд: а) мақолаи илмӣ бояд бо назардошти талаботи муқаррарнамудаи маҷалла омода гардида бошад; б) мақола бояд натиҷаи тадқиқоти илмӣ бошад; в) мавзӯи мақола бояд ба яке аз самтҳои илмӣ маҷалла мувофиқат намояд.

Мақолаҳое, ки дар матни онҳо маводи дигар муаллифон бе овардани иқтибос истифода шудаанд, ба баррасии марҳилаҳои навбатӣ пешниҳод намегарданд ва ин гуна мақолаҳо дар маҷалла ба ҷоп роҳ дода намешаванд.

Талабот нисбат ба таҳияи мақолаҳои илмӣ:

Матни мақола бояд дар формати Microsoft Word омода гардида, бо ҳуруфи Times New Roman барои матнҳои русӣ ва англисӣ ва бо ҳуруфи Times New Roman Tj барои матни тоҷикӣ таҳия гардида, дар матн ҳаҷми ҳарфҳо 14, ҳошияҳо 2,5 см ва фосилаи байни сатрҳо бояд 1,5 мм бошад.

Формулаҳо, аломатҳо ва нишонаҳои ҳарфҳои бузургҳо бояд дар муҳаррири формулаи Microsoft Equation ва ё Math Type (ҳуруфи 12) ҳуруфчинӣ карда шаванд. Танҳо он формулаҳо, ки ба он истинод оварда шудаанд, рақамгузорӣ карда мешаванд.

Нақшаҳо, схемаҳо, диаграммаҳо ва расмҳо бояд рақамгузорӣ карда шаванд ва инчунин, онҳо бояд номи шарҳдиҳанда дошта бошанд.

Ҳаҷми мақола бо формати А4 бо назардошти рӯйхати адабиёти истифодашуда ва аннотатсияҳо аз 10 то 15 саҳифа бояд дар бар гирад.

Сохтори мақола бояд бо тартиби зерин таҳия гардад:

1. Индекси УДК барои мақола;
2. Номи мақола;
3. Насаб ва дар шакли ихтисор ном ва номи падар (намуна: Курбон Н.Б.);
4. Номи муассисае, ки дар он муаллиф (он) қору фаъолият менамояд (янд), нишони муассиса, шаҳр, кишвар.
5. Матни асосии мақола;
6. Рӯйхати адабиёти истифодашуда (на камтар аз 10 номгӯй ва на бештар аз 20 номгӯйи адабиёти илмӣ).
7. Номи мақола, аннотатсия ва калидвожаҳо (агар мақола бо забони тоҷикӣ бошад, аннотатсия ва калидвожаҳо бо забонҳои русӣ ва англисӣ; агар мақола бо забони русӣ бошад, аннотатсия ва калидвожаҳо бо забонҳои тоҷикӣ ва англисӣ; агар мақола бо забони англисӣ бошад, аннотатсия ва калидвожаҳо бо забонҳои тоҷикӣ ва русӣ таҳия гарданд).
8. Аннотатсия дар ҳаҷми на камтар аз 5-7 сатр ва калидвожаҳо аз 5 то 10 номгӯ бояд таҳия карда шаванд;
9. Дар охири мақола бо ду забон (русӣ ва англисӣ) маълумот дар бораи муаллиф (он) бо тартиби зерин нишон дода шаванд: насаб, ном ва номи падар (пурра), дараҷаи илмӣ ва унвони илмӣ (агар бошанд), номи муассисае, ки дар он муаллиф қору фаъолият менамояд, вазифаи ишғолнамуда, телефон, e-mail.

Ҳангоми иқтибосоварӣ адабиёти истифодашуда ва саҳифаи мушаххаси он бояд дар қавси ҷаҳоркунча [] нишон дода шаванд. Намуна: [7], яъне адабиёти №7.

Эътимоднокии маводҳо ба зиммаи муаллиф (муаллифон) гузошта мешавад.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ
Научного журнала «Водные ресурсы, энергетика и экология»
Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии
Национальной академии наук Таджикистана

Научные статьи, представленные для публикации в журнале, должны соответствовать следующим требованиям: а) научная статья должна быть подготовлена в соответствии с требованиями, установленными журналом; б) статья должна быть результатом научных исследований; в) тема статьи должна соответствовать одному из научных направлений журнала.

Статьи, в тексте которых использованы материалы других авторов без цитирования, не будут переданы на дальнейшее рассмотрение и такие статьи не будут допущены к публикации в журнале.

Требования к оформлению научных статей:

Текст статьи должен быть подготовлен в формате Microsoft Word, шрифтом Times New Roman для русского и английского текста и Times New Roman Tj для таджикского текста, кегль 14, поля 2,5 см со всех сторон, интервал 1,5 мм.

Формулы, символы и буквенные обозначения величин должны быть набраны в редакторе формул Microsoft Equation или Math Type (шрифт 12). Нумеруются лишь те формулы, на которые имеются ссылки.

Таблицы, схемы, диаграммы и рисунки нужно сгруппировать и пронумеровать, а также, они должны иметь название.

Объем статьи (включая аннотацию и список литературы) должен быть в пределах от 10 до 15 страниц в формате А4.

Статья должна иметь следующую структуру:

1. Индекс УДК на статью;
2. Название статьи;
3. Фамилия и инициалы автора (пример: Курбон Н.Б.);
4. Название организации, в которой работает автор (ы) статьи, почтовый адрес организации, город, страна;
5. Основной текст статьи;
6. Список использованной литературы (не менее 10 и не более 25 наименований научной литературы);
7. Название статьи, аннотация и ключевые слова на трех языках: таджикском, русском и английском;
8. Аннотация оформляется в объеме не менее 5-7 строк, ключевые слова от 5 до 10 слов или словосочетаний;
9. В конце статьи на трех языках (таджикском, русском и английском) сведения об авторе (ах) в следующем порядке: ФИО автора (ов) полностью, ученая степень и ученое звание (если имеются), название организации, в которой работает автор (ы), должность, телефон, e-mail.

При цитировании конкретного материала ссылки указываются в квадратных скобках [].
Образец: [7], т.е., литература.

За достоверность материалов ответственность несет автор (ы).

RULES FOR THE AUTHORS
of the Scientific Journal “Water Resources, Energy and Ecology”
of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology
of the National Academy of Sciences of Tajikistan

Scientific articles submitted for publication in the journal must meet the following requirements: a) the scientific article must be prepared in accordance with the requirements established by the journal; b) the article must be the result of scientific research; c) the topic of the article must correspond to one of the scientific directions of the journal.

Articles in the text of which materials of other authors are used without citation will not be submitted for further consideration and such articles will not be allowed for publication in the journal.

Requirements for the design of the scientific articles:

The text of the article should be prepared in Microsoft Word format, in Times New Roman font for Russian and English text and Times New Roman Tj for Tajik text, size – 14, fields – 2.5 cm from all directions, interval – 1.5.

Formulas, symbols and letter designations of quantities must be typed in the formula editor Microsoft Equation or Math Type (font 12). Only those formulas to which there are references are numbered.

Tables, diagrams, diagrams and figures must be grouped and numbered, and also, they must have a name.

The volume of the article (including annotation and bibliography) should be in the range of 10 to 15 pages of A4 format.

The article should have the following structure:

1. UDC index per article;
2. Title of the article;
3. Surname and initials of the author (example: Kurbon N.B.);
4. The name of the organization in which the author (s) of the article works, the postal address of the organization, city, country;
5. The main text of the article;
6. List of used literature (no less than 10 and no more than 25 titles of scientific literature).
7. Title of the article, abstract and keywords (if the article is in Tajik, the abstract and keywords are drawn up in Russian and English; if the article is in Russian, the abstract and keywords are made out in Tajik and English; if the article is in English, abstract and keywords are drawn up in Tajik and Russian).
8. Annotation is drawn up in the amount of at least 5-7 lines, keywords from 5 to 10 words or phrases;
9. At the end of the article, in two languages (Russian and English), information about the author (s) in the following order: full name of the author (s), academic degree and academic title (if any), name of the organization in which the author (s) works, position, phone, e-mail.

When citing specific material, links are indicated in square brackets []. Sample: [7], that is, the literature No.7.

The author (s) is responsible for the accuracy of the information.