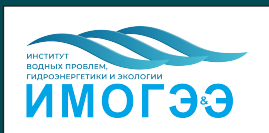


ISSN: 2789-0953

2026 / №6 (2)



ЗАХИРАҶОИ ОБ, ЭНЕРГЕТИКА ВА ЭКОЛОГИЯ

Институти масъалаҳои об,
гидроэнергетика ва экологияи
Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон



www.majalla.imege.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 «ЗАХИРАҶОИ ОБ, ЭНЕРГЕТИКА
ВА ЭКОЛОГИЯ»-И ИНСТИТУТИ МАСЪАЛАҶОИ ОБ,
ГИДРОЭНЕРГЕТИКА ВА ЭКОЛОГИЯИ АКАДЕМИЯИ
МИЛЛИИ ИЛМҶОИ 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**

2026

ТОМ 6

№ 2

ДУШАНБЕ

Сармухаррир – доктори илмҳои техники
Гулаҳмадзода А.А.

Муовини сармухаррир – номзади илмҳои
техники, дотсент Курбон Н.Б.

Котиби масъул – ходими илмӣ Эшанкулова З.У.

Мухаррири забони тоҷикӣ: Курбон Н.Б., н.и.т., дотсент;

Мухаррири забони русӣ: Степанова Н.Н., н.и.т.;

Мухаррири забони англисӣ: Фатуллаева З.;

Ороиши компютерӣ ва тарроҳӣ: Раҳимов Ф. ва Исоев Ҷ.

Ҳайати таҳририя:

Абдуллозода С.Ф. – доктори илмҳои физикаю математика, профессор; Амирзода О.Х. – доктори илмҳои техники, дотсент; Абдушукуров Ҷ.А. – номзади илмҳои физикаю математика; Азизов Р.О. – доктори илмҳои техники, профессор; Баҳриев С.Х. – номзади илмҳои техники, профессор; Давлатшоев С.Қ. – номзади илмҳои техники, дотсент; Қодиров А.С. – доктори илмҳои техники; Қориева Ф.А. – номзади илмҳои биология; Мирзохонова С.О. – номзади илмҳои техники; Муртазоев У.И. – доктори илмҳои география, профессор; Ниязов Ҷ.Б. – номзади илмҳои таърих; Носиров Н.Қ. – доктори илмҳои техники; Пулатов Я.Э. – доктори илмҳои кишоварзӣ, профессор; Расулов Р.Х. – доктори илмҳои техники, профессор (Ўзбекистон); Раҳимов И.М. – номзади илмҳои техники; 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; Эмомов К.Ф. – номзади илмҳои техники; Саттаров С.А. – номзади илмҳои физикаю математика, дотсент (Ўзбекистон).

Chief Editor – Doctor of Technical Sciences
Gulahmadzoda A.A.

Deputy Chief Editor – Candidate of Technical Sciences,
Docent Kurbon N.B.

Excutive Secretary – Makhmudov A.N.

Editor of the Tajik text: Kurbon N.B., c.t.s., doc.;

Editor of the Russian text: Stepanova N.N. c.t.s.;

Editor of the English text: Fatullaeva Z.Y.;

Computer design and layout: Rahimov F. and Isaev D.

Editorial Members:

Abdullozoda S.F. – Doctor of Physical and Mathematical Sciences; Amirzoda O.H. – Doctor of Technical Sciences, Docent; Abdushukurov J.A. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences; Azizov R.O. – Doctor of Technical Sciences, Professor; Bahriev S.H. – Candidate of Technical Sciences, Professor; Davlatshoev S.K. – Candidate of Technical Sciences, Docent; 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. – Doctor of Technical Sciences; Mirzokhonova S.O. – Candidate of Technical Sciences; Murtazaev U.I. – Doctor of Geographical Sciences, Professor; Nasirov N.K. – Doctor of Technical Sciences; Niyazov J.B. – Candidate of Historical Sciences; Pulatov Y.E. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor; Rasulov R.Kh. – Doctor of Technical Sciences, Professor (Uzbekistan); Rahimov I.M. – Candidate of Technical Sciences; Safarov M.M. – Doctor of Technical Sciences, Professor; Shaymuradov F.I. – Candidate of Technical Sciences; Stepanova N.N. – Candidate of Technical Sciences; Emomov K.F. – Candidate of Technical Sciences; Sattarov S.A. – Candidate of phys.math. Sciences, docent. (Uzbekistan)

Главный редактор – доктор технических наук
Гулаҳмадзода А.А.

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

Ответственный секретарь – научный сотрудник
Эшанкулова З.У.

Редактор тадж. текста: Курбон Н.Б., к.т.н., доц;

Редактор русского текста: Степанова Н.Н. к.т.н.;

Редактор английского текста: Фатуллаева З.Ю.;

Компьютерный дизайн и верстка: Рахимов Ф. и Исаев Д.

Редакционная коллегия:

Абдуллозода С.Ф. – доктор физико-математических наук, профессор; Амирзода О.Х. – доктор технических наук, доцент; Абдушукуров Дж.А. – кандидат физико-математических наук; Азизов Р.О. – доктор технических наук, профессор; Баҳриев С.Х. – кандидат технических наук, профессор; Давлатшоев С.Қ. – кандидат технических наук, доцент; Қориева Ф.А. – кандидат биологических наук; Қодиров А.С. – доктор технических наук; Мирзохонова С.О. – кандидат технических наук; Муртазаев У.И. – доктор географических наук, профессор; Насыров Н.Қ. – доктор технических наук; Ниязов Дж.Б. – кандидат исторических наук; Пулатов Я.Э. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; Расулов Р.Х. – доктор технических наук, профессор (Узбекистан); Раҳимов И.М. – кандидат технических наук; Сафаров М.М. – доктор технических наук, профессор; Степанова Н.Н. – кандидат технических наук; Фазылов А.Р. – доктор технических наук, профессор; Ҳақдод М.М. – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАНТ; Шаймуродов Ф.И. – кандидат технических наук; Эмомов К.Ф. – кандидат технических наук; Саттаров С.А. – кандидат физико-математических наук, доцент (Узбекистон).

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

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

The journal was founded in March 2021. The journal was registered on 28 May 2024, under №346/МЧ-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 илмӣ «Захираҳои об, энергетика ва экология» ба Феҳристи маҷаллаҳои (нашрияҳои) илмӣ 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.

МУНДАРИҶА

ЗАХИРАҶОИ ОБ

Нозимов С.Х., Садриддинов О.М., Шарифов Ф.Д. ТАҲЛИЛИ ОМОРИИ БУЗУРГИҶОИ МЕТЕОРОЛОГИИ ҲАВЗАИ ДАРӢИ ВАРЗОБ БАРОИ ДАВРАИ СОЛҶОИ 1981-2025	9
Рахимзода О.Д., Муртазаев У.И. ТАЪСИРИ ТАӢИИРӢБИИ ГЛОБАЛӢ ВА МИНТАҚАВИИ ИҚЛИМ БА МИНТАҚАИ ТАБИИИ ҚУМҶУРИИ ТОҶИКИСТОН	19
Бегматов З.Р. ТАВСИФОТИ ТАБИИЮ ГЕОГРАФӢ ВА АҶАМИЯТИ ИҚТИСОДИИ ДАРӢИ ВАРЗОБ ВА ЁДГОРИҶОИ ОН	27
Иванкова Т.В. WEB - СИСТЕМАИ НАЗОРАТИИ ҶОЛАТИ ИНШООТ ДАР ҲАВЗАИ ДАРӢО	36

ЭНЕРГЕТИКА

Раҳмонов Ш.С., Ҳомидзода С., Амиршоев Ф., Зиёев Р. ТАҲЛИЛИ ОМИЛҶОИ АФЗОИШИ ИСТЕЪМОЛИ НЕРУИ БАРҚ ВА РОҶҶОИ БАЛАНД БАРДОШТАНИ САМАРАНОКИИ НИЗОМИ ЭНЕРГЕТИКӢ ДАР ҚУМҶУРИИ ТОҶИКИСТОН	44
Арифов Х.О., Акрамов А.З. ИСТЕҲСОЛИ НЕРӢИ БАРҚ ВА ГАРМӢ ДАР МАРКАЗИ БАРҚ ВА ГАРМДИҶИИ-1 ДУШАНБЕ ДАР СОЛҶОИ ИСТИҚЛОЛИ ДАВЛАТӢ	54
Ҳакёров И.З., Пирмадов М.Д., Тағоев С.А. МОДЕЛСОЗИИ РАВАНДҶОИ ТАБДИЛИ ЭНЕРГИЯИ АҶКАНИШОТИ ОҶТОБӢ БА ЭНЕРГИЯИ БАРҚ ДАР ЭЛЕМЕНТҶОИ КРЕМНИЙӢ	61
Абдуллоев Х.В., Раупов Н.М., Сайвалиев М.М., Мустафои Д. АСОСҶОИ НАЗАРИЯВӢ БАРОИ МУАЙЯН КАРДАНИ ҶОЛАТИ УСТУВОРИИ ДИНАМИКӢ ДАРСИСТЕМАИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКӢ (СЭЭ)	69

ЭКОЛОГИЯ

Сосин П.М., Шаймурадов Ф.И., Маҳмудов А.Н. ХУСУСИЯТИ ЭКОЛОГИЮ ИҚЛИМИИ ҲАВЗАИ ДАРӢИ ЗАРАҶШОН	77
Ҳочизода С.Қ., Маликисломова Ш.Н. БАҶОДИҶИИ САТҶИ ОЛУДАШАВИИ ОБ БО МАҶСУЛОТИ НАҶТӢ ДАР ҚИСМАТИ ТОҶИКИСТОНИИ ДАРӢИ СИРДАРӢ	86
Имомназаров Ф.С., Шарипова Ш.А. БАҶОДИҶИИ ХАТАРҶОИ ОҶАТҶОИ ТАБИӢ АЗ РАВАНДҶОИ МУОСИРИ ГЕОЛОГӢ ДАР ЗЕРҶАВЗАИ ОБҶУНДОРИИ ШАШВАЛОН	92
Рачабзода Г.Р., Бобоев Ҷ.Б., Зоиров Ф.Б., Рачабова А.С. ТАҶҚИҚИ ШИДДАТИ ҶАРАКАТИ НАҚЛИӢТИ АВТОМОБИЛӢ ДАР ҶИӢБОНҶОИ Ш. ДУШАНБЕ	103
Шарипов С.А., Ҳомидов С.К., Рауфи К.А., Исаев Дж.А., Азизов Д.Н. ҚАРАӢНИ КОРИИ ҶАМГИРОӢНАШУДА БАРОИ ТАҲЛИЛИ ДНҚ-И ЭКОЛОГӢ: АЗ НАМУНАГИРӢ ТО ТАҶСИРИ МАЪЛУМОТ	110
Қодирзода У.Қ. РУШДИ ҶУДУДИИ ТУРИЗМИ ЭКОЛОГӢ ВА ҶАӢОЛИЯТИ РЕКРЕАТСИОНӢ ДАР АСОСИ ЗАХИРАҶОИ ТАБИӢ	120

Чабборов Р.С. ПОТЕНСИАЛИ САЙЁҲӢ РЕКРЕАТСИОНӢИ НОҲИЯИ МУЪМИНОБОД ДАР ШАРОИТИ РУШДИ УСТУВОРИ САЙЁҲӢ	128
Сафаров М.Т., Абдуллозода С.Ф., Шомаҳмадов А.М. ТАЪСИРИ РАВАНДҲОИ СИНОПТИКӢ ВА ОРОГРАФИЯИ МАҲАЛ БА ВОРИДШАВИИ ЧАНГУ ҒУБОР БА ҲУДУДИ ТОҶИКИСТОН ДАР ТИРАМОҲИ СОЛИ 2025	134
Давлятова А.Х., Ёрова Б.С., Амиров У.А., Убайдуллоев У.Р. ПАҲНШАВИИ МЕТАЛЛҲОИ ВАЗНИН ДАР НАМУНАҲОИ ҲОКИ МОРЕНАИ ПИРЯХИ СУРХОБ, БОЛООБИ ДАРӢИ СУРХОБ	148

СОДЕРЖАНИЕ

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Нозимов С.Х., Садриддинов О.М., Шарифов Ф.Д. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БАСЕЙНА РЕКИ ВАРЗОБ ЗА ПЕРИОД 1981-2025 гг.	9
Рахимзода О.Д., Муртазаев У.И. ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ ТАДЖИКИСТАНА	19
Бегматов З.Р. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ РЕКИ ВАРЗОБ И ЕЕ ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНОСТЕЙ	27
Иванкова Т.В. WEB-СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СООРУЖЕНИЙ В БАСЕЙНАХ РЕК	36

ЭНЕРГЕТИКА

Рахмонов Ш.С., Хомидзода С., Амиршоев Ф., Зиёев Р. АНАЛИЗ ФАКТОРОВ РОСТА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН	44
Арифов Х.О., Акрамов А.З. ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ТЕПЛА НА ТЭЦ-1 В ДУШАНБЕ В ГОДЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ	54
Хакёров И.З., Пирмадов М.Д., Тагоев С.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ В КРЕМНИЕВЫХ ЭЛЕМЕНТАХ	61
Абдуллоев Х.В., Раупов Н.М., Сайвалиев М.М., Мустафои Д. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСА ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ В ЭЛЕКТРО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ (ЭЭС)	69

ЭКОЛОГИЯ

Сосин П.М., Шаймурадов Ф.И., Махмудов А.Н. ЭКОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНА РЕКИ ЗЕРАВШАН	77
Ходжизода С.К., Маликисломова Ш.Н. ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ВОД ТАДЖИКСКОГО УЧАСТКА РЕКИ СЫРДАРЬЯ	86
Имомназаров Ф.С., Шарипова Ш.А. ОЦЕНКА РИСК ПРИРОДНЫХ ОПАСНОСТЕЙ ОТ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СУБВОДОСБОРНЫЙ БАСЕЙН ШАШВАЛОН	92
Раджабзода Г.Р., Бобоев Х.Б., Зоиров Ф.Б., Раджабова А.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА ПРОСПЕКТАХ Г. ДУШАНБЕ	103

Шарипов С.А., Хомидов С.К., Рауфи К.А., Исаев Дж.А., Азизов Д.Н. ИНТЕГРИРОВАННЫЙ РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС АНАЛИЗА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ДНК: ОТ ОТБОРА ПРОБ ДО ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ	110
Кодирзода У.К. ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА И РЕКРЕАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ	120
Джаббаров Р.С. ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МУМИНОБАДСКОГО РАЙОНА В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА	128
Сафаров М.Т., Абдуллозода С.Ф., Шомахмадов А.М. ВЛИЯНИЕ СИНОПТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОРОГРАФИИ МЕСТНОСТИ НА ПЫЛЕВЫЕ ВТОРЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИЮ ТАДЖИКИСТАНА ЗА ОСЕННИЙ ПЕРИОД 2025 г.	134
Давлятова А.Х., Ёрова Б.С., Амиров У.А., Убайдуллоев У.Р. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦАХ МОРЕНЫ ЛЕДНИКА СУРХОБ, ВЕРХОВЬЯ РЕКИ СУРХОБ ...	148

TABLE OF CONTENTS

WATER RESOURCES

Nozimov S.Kh., Sadriddinov O.M., Sharifov F.D., STATISTICAL ANALYSIS OF METEOROLOGICAL PARAMETERS OF THE VARZOB RIVER BASIN FOR THE PERIOD 1981-2025	9
Rahimzoda O.D., Murtazaev U.I. IMPACT OF GLOBAL AND REGIONAL CLIMATE CHANGE ON THE NATURAL ZONE OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN	19
Begmatov Z.R. PHYSICAL-GEOGRAPHICAL DESCRIPTION AND ECONOMIC SIGNIFICANCE OF THE VARZOB RIVER AND ITS SIGHTS.....	27
Ivankova T.V. WEB-SYSTEM FOR MONITORING THE CONDITION OF STRUCTURES IN RIVER BASINS	36

ENERGY

Rakhmonov Sh.S., Homidzoda S., Amirshoev F., Ziyev R. ANALYSIS OF FACTORS DRIVING ELECTRICITY CONSUMPTION GROWTH AND WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF THE ENERGY SYSTEM IN THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN	44
Arifov Kh.O., Akramov A.Z. PRODUCTION OF ELECTRICITY AND HEAT AT TPP-1 IN DUSHANBE DURING THE YEARS OF STATE INDEPENDENCE	54
Khakerov I.Z., Pirmadov M.D., Tagoev S.A. MODELING OF PROCESSES FOR CONVERTING SOLAR RADIATION ENERGY INTO ELECTRICAL ENERGY IN SILICON ELEMENTS	61
Abdulloev Kh.V., Raupov N.M., Sayvaliev M.M., Mustafoi D. THEORETICAL BASIS FOR DETERMINING THE DYNAMIC STABILITY MARGIN IN AN ELECTRIC POWER SYSTEM (EPS)	69

ECOLOGY

Sosin P.M., Shaimuradov F.I., Makhmudov A.N. ECOLOGICAL AND CLIMATIC CHARACTERISTIC OF THE ZERAVSHAN RIVER BASIN	77
Hojizoda S.Q., Malikislomova Sh.N. ASSESSMENT OF THE LEVEL OF OIL POLLUTION OF WATER IN THE TAJIK SECTION OF THE SYRDARYA RIVER	86
Imomnazarov F.C., Sharipova Sh.A. RISK ASSESSMENT OF NATURAL HAZARDS FROM MODERN GEOLOGICAL PROCESSES IN THE SHASHVALON WATERSHED AREA	92
Rajabzoda G.R., Boboev H.B., Zoirov F.B., Rajabova A.S. INVESTIGATION OF THE INTENSITY OF TRAFFIC FLOW ON THE AVENUES OF DUSHANBE	103
Sharipov S.A., Homidov S.K., Raufi K.A., Isoev J.A., Azizov D.N. UNINTEGRATED WORKFLOW FOR ECOLOGICAL DNA ANALYSIS: FROM SAMPLING TO DATA INTERPRETATION	110
Kodirzoda U.K. TERRITORIAL DEVELOPMENT OF ECOLOGICAL TOURISM AND RECREATIONAL ACTIVITIES BASED ON NATURAL RESOURCES	120

Jabbarov R.S. TOURIST AND RECREATIONAL POTENTIAL OF MUMINABAD DISTRICT IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE TOURISM DEVELOPMENT	128
Safarov M.T., Abdullozoda S.F., Shomahmadov A. THE IMPACT OF SYNOPTIC PROCESSES AND TERRAIN OROGRAPHY ON THE DUST INVASIONS INTO THE TERRITORY OF TAJIKISTAN IN AUTUMN PERIOD OF 2025	134
Davlyatova A.Kh., Yorova B.S., Amirov U.A., Ubaidulloev U.R. DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN SOIL SAMPLES OF GLACIAL MORaine OF THE SURKHOB GLACIER UPPER REACHES OF THE SURKHOB RIVER	148

УДК 551.501.45 (575.3)

ТАҲЛИЛИ ОМОРИИ БУЗУРГИҲОИ МЕТЕОРОЛОГИИ ҲАВЗАИ ДАРӢИ ВАРЗОБ БАРОИ ДАВРАИ СОЛҲОИ 1981-2025

Нозимов С.Х.^{1,*}, Садриддинов О.М.², Шарифов Ф.Д.³

¹Донишгоҳи Қазоқистону Олмон

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

³Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айни,

*Муаллифи масъул. E-mail: sadinozimov28@gmail.com

Шарҳи мухтасар. Дар мақолаи мазкур бузургиҳои метеорологӣ (ҳарорати миёнаи солони ва ҷамъи солони боришот) барои давраи солҳои 1981-2025 дар ҳавзаи дарӢи Варзоб бо истифода аз тестҳои ММК (Modified Mann-Kendall Test), Sen's slope test ва Pettit's test таҳлили омори гузаронида шудааст. Натиҷаҳои таҳлили мавсими ҳарорати миёнаи ҳаво нишон медиҳанд, ки он дар фаслҳои зимистон, баҳор ва тобистон афзоиши аз ҷиҳати омори назаррас дошта, дар фасли тирамоҳ низ тамоюли мусбат дорад. Боришоти атмосферӣ дар фасли зимистон коҳиш ёфта, аз ҷиҳати омори назаррас нест. Ҳарчанд тамоюли боришоти мавсими фаслҳои баҳору тирамоҳ низ аз ҷиҳати омори назаррас нест, вале майли афзоиш дорад. Дар фасли тобистон бошад, боришот дорои тамоюли мусбии аз ҷиҳати омори назаррас аст.

Калидвожаҳо: бузургиҳои метеорологӣ, ҳарорат, боришот, таҳлили омори, тест, тамоюл, дарӢ, ниях, ҳавзаи дарӢи Варзоб.

Мукаддима

Об дар раванди тағйирёбии иқлим бе таъсир намонда, яке аз захираҳои табиӣ осебпазир ба ҳисоб меравад [1], ки боиси сар задани офатҳои табиӣ ва инчунин, низоъҳои сиёсӣ миёни истифодабарандагони он мегардад. Минтақаи Осиёи Марказӣ, ки ба яке аз минтақаҳои ба равандҳои тағйирёбии иқлим осебпазиртарин шомил мегардад [2], таъсироти манфии тағйирёбии иқлим ба кишварҳои минтақа гуногун буда, вобаста аз мавқеи географияю орография ва аз кадом соҳаи саноат бештар вобаста будани иқтисоди кишварҳо мебошад.

Мувофиқи адабиёти мавҷуда [3-5], 55,4%-и захираҳои оби Осиёи Марказӣ дар ҳудуди Тоҷикистон ташаккул меёбанд ва тибқи пешгӯиҳои иқлимӣ, чун диғар кишварҳои минтақаи Осиёи Марказӣ Тоҷикистонро баландшавии ҳарорати ҳаво ва тағйирёбии боришоти атмосферӣ вобаста ба мавқеи географӣ интизор аст [2, 6-7]. Дар инчунин ҳолат, равандҳои тағйирёбии иқлим ба тамоми соҳаҳои фаъолият дар Тоҷикистон таъсири манфии худро расонида, боиси коҳишёбии захираҳои об ва пайдоиши офатҳои таби-

ии марбут ба иқлим мегардад. Чун қисми зиёди захираҳои оби минтақаи Осиёи Марказӣ дар ҳудуди Тоҷикистон тавлид мешаванд, аз ин рӯ, тағйирёбии дар ҳаҷм ва миқдори об дар кишвар маънои тағйир ёфтани дар тамоми минтақаро дорад.

Тавсифоти мухтасари гидрометеорологии ҳавзаи дарӢи Варзоб

ДарӢи Варзоб калонтарин шохоби дарӢи Кофарниҳон ва яке аз дарӢҳои стратегии кишвар ба ҳисоб рафта, дар рушди иқтисоди миллии нақши муҳим мебозад [8-11]. ДарӢ барои таъмини аҳолии пойтахти кишвар бо оби нӯшокӣ, тавлиди неруи барқ ва таъмини водии Ҳисор барои обёрӣ истифода мешавад. ДарӢи Варзоб тавассути Канали калони Ҳисор қисме аз шаҳру ноҳияҳои водии Ҳисорро бо оби обёрӣ таъмин намуда, пасон ба дарӢи Қаротог ҳамроҳ мешавад.

Ҳавзаи дарӢи Варзоб дар қисмати ҷанубу ғарбии Тоҷикистон ҷойгир шуда, аз қисми ҷанубии қаторкӯҳи Ҳисор сарчашма мегирад [8-9]. Он дар натиҷаи ҳамроҳшавии дарӢҳои Зидех ва Майхура ин номро соҳиб шуда, 71 км дарозӣ ва 1250 км² майдони обғундорӣ дорад. Доир ба хусусиятҳои морфометрии дарӢи Варзоб

нишондиҳандаҳои гуногун дар адабиётҳо оварда шудааст. Масалан, агар мо ба [8] назар андозем, дарозии дарёи Варзоб ба 97 км ва масоҳати ҳавзаи он ба 1900 км² баробар мебошад. Вале тибқи маълумоти

муаллифони дигар [10], Варзоб шохоби калонтарини дарёи Кофарниҳон буда, аз шохобҳои зерин иборат мебошад (ҷадвали 1).

Ҷадвали 1. Маълумотҳои оида ба шохобҳои дарёи Варзоб [10].

Шохобҳои дарёи Варзоб	Дарозӣ, км	Баландӣ, м аз сатҳи баҳр	Масоҳати ҳавза, км ²	Масрафи об, м ³
Майхура	23	1939	160	7,0
Сиёма	20	2046	177	8,2
Шохоби 421	13	2462	39	1,3
Шохоби 422	11	935	52	2,2
Такоб	20	1683	241	7,4
Дималик	19	2160	136	4,3
Очук	17	1524	77	1,6
Харангон	19	1868	78	1,2
Шохоби 428	11	791	34	0,4

Тибқи маълумотҳои муаллифон [10], дарёи Варзоб ба навъи дарёҳои дохил мешавад, ки аз ғизогирияшон пиряху барфӣ мебошад. Бинобар ин, тағйирот дар бузургҳои метеорологӣ метавонад боиси босуръат баланд об шудани пиряхҳо гардад.

Пиряхҳои ҳавзаи дарёи Варзоб на он қадар баланд ҷойгир шуда, онҳо пароканда мебошанд. Тибқи таҳлили муаллиф [11], муайян карда шуд, ки онҳо ба типҳои каравию водигӣ мансуб мебошанд. Аслан дар ҳавзаи дарёи Кофарниҳон, ки дарёи Варзоб ба он мансуб аст, пиряхҳои каравию водигӣ паҳн шуда, онҳо 30%-и масоҳати ҳавзаро ишғол мекунанд. Хати фирнавӣ дар ҳавзаи дарёи Варзоб дар баландии 3690 м аз сатҳи баҳр ҷойгир шуда, пиряхҳо аз шарқ ба ғарб рӯ ба таназзул мениҳанд.

Агар мо ба ҳолати кунунии пиряхҳо назар андозем, мушоҳида менамоем, ки пиряхҳои ҳавзаи дарёи Кофарниҳон ноустувор буда [10-11], дар раванди таназзул қарор доранд. Забонаи пиряхҳо кӯтоҳ шуда, ғафсиашон низ кам шуда истодааст, қисми пиряхҳое, ки нисбатан хурдтар буданд, куллан нобуд шудаанд. Аз рӯйи маълумотҳо [12-14], дар Тоҷикистон то

соли 2050 пиряхҳо 20% масоҳат ва 25% ҳаҷми пиряхҳои худро аз даст медиҳад, ки вазнинтарин ҳолат дар ҳавзаи дарёи Кофарниҳон мебошад.

Методология

Мақолаи мазкур бо мақсади муайян намудани тамоюли бузургҳои метеорологии ҳавзаи дарёи Варзоб ва таъсири онҳо ба речаи гидрологии дарё бахшида шудааст. Барои муайян кардан ва ба даст овардани натиҷаҳо аз методҳои гуногун истифода бурда шуд, ки яке аз онҳо Data collection and data processing [15]. Маълумотҳо доир ба бузургҳои метеорологӣ – ҳарорати ҳаво ва боришоти атмосферӣ дар баландии 2 метр аз сатҳи замин аз платформаи NASA барои давраи солҳои 1981-2025 ба даст оварда шуд. Ҳамчунин, барои коркарди маълумотҳои ҳарорат ва боришот аз барномаҳои MS Excel ва Rstudio истифода бурда шуд.

Мусаллам аст, ки барномаи MS Excel барои муайян намудани қимати миёна ҳарорат, ҷамъи боришт ва визуализатсияи тақсими моҳонаи бузургҳо ва барномаи Rstudio барои коркарди маълумотҳо бо истифода аз тестҳои ММК, Сен-слюп ва Петтит, ҳамзамон барои визуализатсияи маълумотҳои бисёрсола ва мавсимӣ исти-

фода бурда шуданд.

Modified Mann-Kendall Test

Барои муайян намудани мавҷудияти тамоюл барои маълумотҳои бузургҳои ҳарорат ва боришот дар ҳавзаи дарёи Варзоб аз тести омории ММК истифода шуд, ки аз ҷониби Ҳамедв ва Рао (1998) пешниҳод шудааст [16]. Тести ММК-тренд равиши ғайрибузургӣ буда, дар илмҳои заминшиносӣ, аз қабилҳои гидрология ва климатология васеъ истифода мешавад. Яке аз хусусиятҳои муҳими тест дар он аст, ки тақсимои муқаррари маълумотҳоро талаб намекунад ва таъсири автокоррелятсияро дар маълумотҳои истифодашуда идора менамояд.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i).$$

Ҳисоб кардани омории S оғози методи ММК-тренд буда, ба таври зайл ҳисоб карда мешавад:

Дар ин ҷо n – миқдори маълумотҳо, ва $x_j - x_i$ қимати маълумотҳо дар вақти j ва i буда, $\text{sgn}(\theta)$ бошад, аломати функсия, ки қиматҳои -1 , 0 ва 1 -ро вобаста ба таҳлил қабул менамояд, мебошанд. Аломати функсия ба таври зайл муайян карда мешавад.

$$\text{sgn}(\theta) = \begin{cases} -1, & \text{if } \theta < 0 \\ 0, & \text{if } \theta = 0 \\ +1, & \text{if } \theta > 0 \end{cases}.$$

Дар алоқа бо мавҷудияти 45 қатори маълумотҳо, яъне дар ин ҳолат $n > 10$, барои муайян намудани вариатсияи $S(V(S))$ мо аз формулаи зерин истифода мебарем:

$$V(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

Ҳамедв ва Рао [16] барои ба инобат гирифтани таъсири автокоррелятсия, тести ММК-ро пешниҳод карданд, ки он вобаста аз шакли маълумот омили ислоҳкунандаро дар бар мегирад ва ба таври зерин навишта мешавад.

$$V^*(S) = V(S) \cdot \left(\frac{n}{n^*}\right),$$

ки дар ин ҷо $\left(\frac{n}{n^*}\right)$ омили ислоҳкунанда буда, вобастагии дисперсияро аз автокоррелятсия муайян мекунад ва омории стандартӣ кунонидашудаи тест Z ба формулаи зерин ҳисоб карда мешавад:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{V^*(S)}}, & \text{if } S > 0 \\ 0, & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{V^*(S)}}, & \text{if } S < 0 \end{cases}.$$

Бузургии Z – муайянкунандаи мавҷудияти тамоюли позитивӣ ё негативиро дошта, қимати негативии он муайян менамояд, ки тамоюли негативӣ ва позитивияш бошад, ифодагарӣ тамоюли позитивӣ мебошад. Ин бузургӣ дорои интервали $-1,96$ то $+1,96$ буда, ҳангоми ҷойгир шудани ин қимат миёни ин интервал тамоюли равшан вучуд надорад.

Пас гипотезаи нулии H_0 «тренд нест», ҳангоми дар $\alpha = 0.05$ будани сатҳи назаррас инкор карда мешавад, агар $|Z| > 1,96$ ва ё $p < 0.05$ бошад, дар ҳолати баръакс бошад гипотеза рад карда намешавад.

Sen's slope test. Барои муайян намудани магнитуда ва тамоюли ҳарорату боришот аз Sen's slope test истифода шуд [17]. Яке аз афзалиятҳои ин тест дар он аст, ки ҳангоми норасоии баъзе аз маълумотҳо низ устувор боқӣ мемонад. Тести Sen's slope ба таври зайл ҳисоб карда мешавад:

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \text{ for } i = 1, \dots, N,$$

ки дар ин ҷо x_j ва x_k ҳангоми j ва k қимати маълумотҳо ва эстиматори Sen's slope медианаи қиматҳои N -и Q_i мебошад. Қимати мусбӣ маънои афзоиш ва қимати манфӣ маънои коҳишро дорад.

Pettit's test

Барои муайян намудани нуқтаи шикаст ё ивазшавии ҳарорат ва боришот Pettit's test истифода шуд [18]. Тавассути ин тест нуқтаи ивазшавии ё ин ки гузариш

речаи бузургҳои метеорологӣ ба ҳолати нав муайян карда мешавад. Омори тести K_n ҳангоми мавҷудияти нуқтаи шикаст ё тағйироти ногаҳонӣ дар силсилаи маълумотҳо ҳамчун қимати максималии $U_{t,n}$ муайян карда мешавад. Pettit's test чунин ҳисоб карда мешавад:

$$K_n = \max |U_{t,n}|$$

$$U_{t,n} = U_{t,n-1} + \sum_{j=1}^n \text{sgn}(x_i - x_j) \text{ for } t = 2, \dots, n.$$

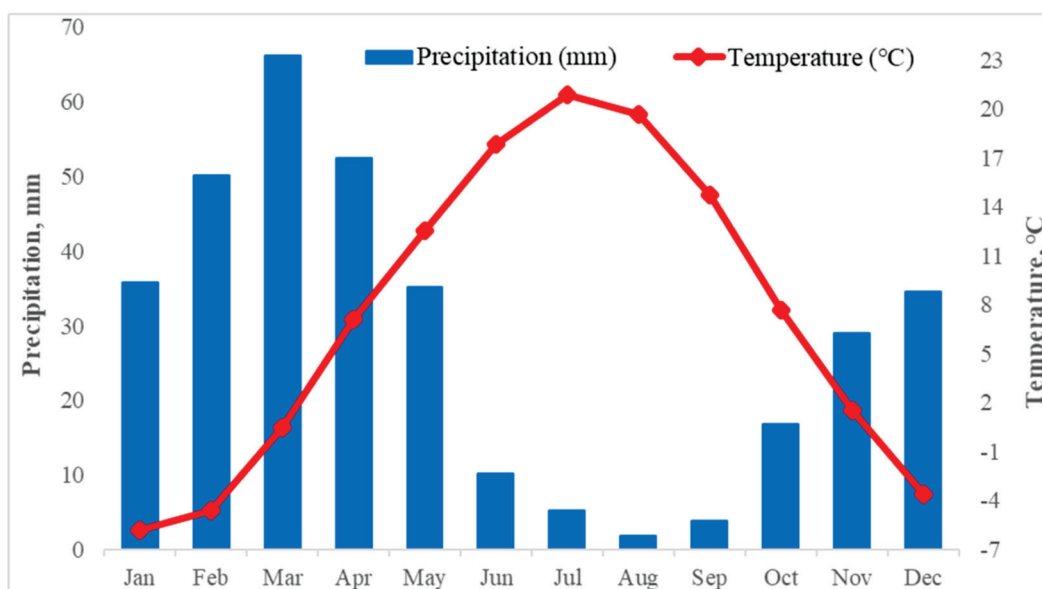
Дар ин ҷо n – дарозии қатори замонӣ буда, агар $U_{t,n}$ нисбат ба вақт сустшавии тамоюлро нишон диҳад, пас тағйирот дар қатори маълумотҳо ба вуҷуд омадааст, вале агар он зиёдшавиро нисбат ба вақт

нишон диҳад, пас пайдарпайи нуқтаи шикаст ё тағйироти ногаҳонӣ надорад. Бо истифода аз формулаи зерин ҳангоми $p \leq 0.05$, эҳтимолияти назаррасии K_n ҳисоб карда мешавад:

$$p = 2 \exp \cdot \left(\frac{-6K_n^2}{n^3 + n^2} \right).$$

Натиҷаҳо ва таҳлили онҳо

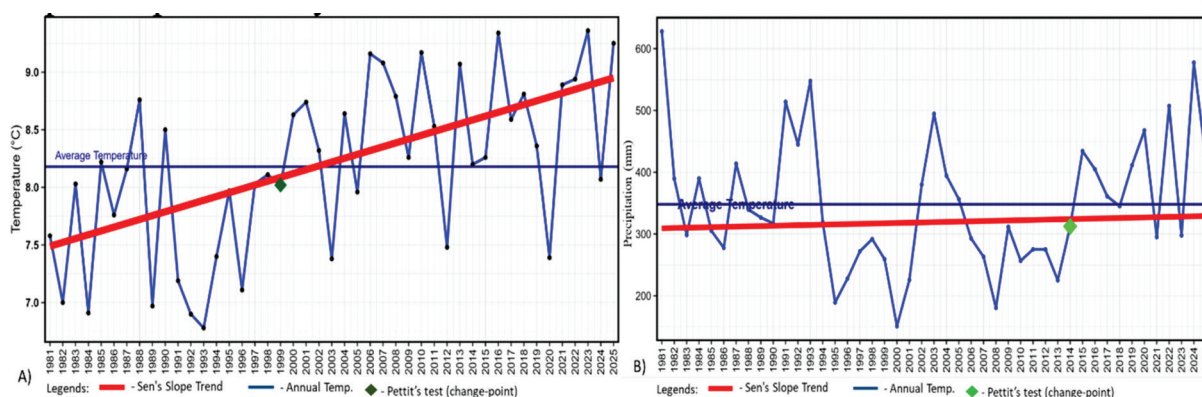
Ҳавзаи дарёи Варзоб дорои орографияи ба худ хос буда, он дар ташаккулёбии иқлими минтақа нақши назаррасро мебозад. Тақсими моҳонаи параметрҳои иқлимӣ-боришот ва ҳарорати ҳаво дар ҳавзаи мазкур ба таври зайл мебошад (расми 1):



Расми 1. Тақсими моҳонаи боришот ва ҳарорат дар Ҳавзаи дарёи Варзоб.

Аз расми 1 дида мешавад, ки тақсими боришот ва ҳарорат дар тӯли соли дар ҳавзаи дарёи Варзоб гуногун буда, қимати максималии боришот ба моҳи март ва бузургии минималии он ба моҳи август рост меояд. Ҳарорат бошад, дар моҳи июл ба қимати максималӣ соҳиб шуда, дар моҳи январ ба бузургии пасттарин мерасад. Қиматҳои максималӣ ва

минималии боришот мутаносибан ба 66,1 мм ва 1,7 мм ва бузургҳои максималию минималии ҳарорат дорои нишонҳои 20,9°C ва 5,8°C мебошанд. Дар моҳҳои июн-сентябр коҳиши назарраси боришот ва афзоиши ҳарорат мушоҳида мешавад, ки он давраи хушк дар ҳавзаи дарёи Варзоб маҳсуб меёбад.



Расми 2. Таҳлили тамоюли ҳарорат (А) ва боришот (В) дар ҳавзаи дарёи Варзоб

Аз расмҳои 1 (А ва В) дида мешавад, ки ҳарорат ва боришот дар раванди афзоиш қарор доранд ва тамоюли афзоиши ҳарорат нисбат ба боришот ниҳоят бузург буда, аз тағйирёбии речаи ҳароратӣ дар ҳавзаи дарёи Варзоб шаҳодат медиҳад. Дар асоси маълумотҳои гирдоваришудаи ҷадвали 2, тести қимати z -и ММК, ки ба 4,06 баробар аст, аз он шаҳодат медиҳад, ки ҳарорат дорои тамоюли мусбат буда,

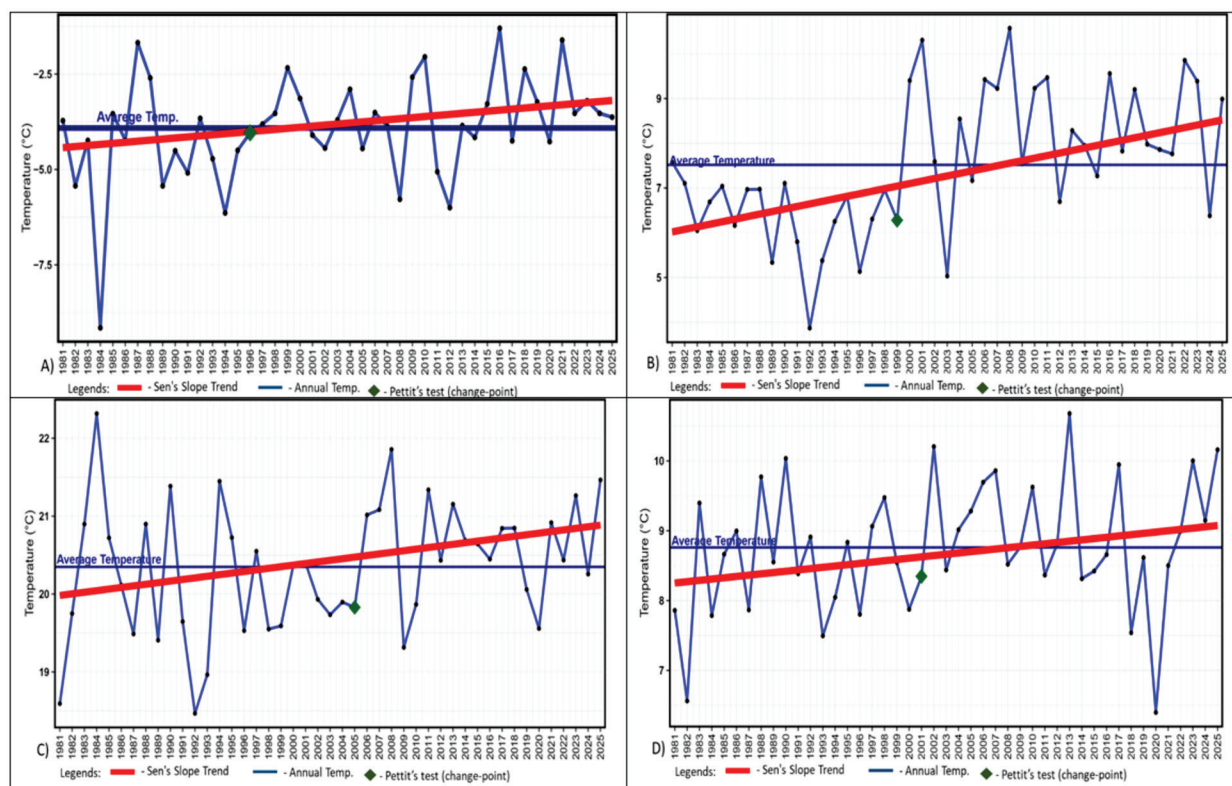
қимати p -и он, ки $p < 0,05$ мебошад, аз ҷиҳати омӯрӣ назаррас будани тамоюлро нишон медиҳад. Аз рӯи натиҷаҳои Sen's slope test, ҳарорат соле $0,3^\circ\text{C}$ меафзояд. Қимати p -и Pettit's test низ аз тасодуфӣ набудани нуқтаи ивазшавии ҳароратро баён намуда, соли 1999 ба вуҷуд омадани нуқтаи шикаст ё ивазшавиро ифода мекунад. Ҳарорати миёнаи солона дар ҳавзаи дарёи Варзоб ба $8,18^\circ\text{C}$ баробар мебошад.

Ҷадвали 2. Натиҷаи таҳлили солонаи ҳарорат ва боришот бо истифода аз тестҳои ММК, Sen's slope test ва Pettit's test дар ҳавзаи дарёи Варзоб

Тест	Ҳарорати солона ($^\circ\text{C}$)	Боришоти солона (mm)
ММК z -score	4,06	0,24
ММК p -value	0,00	0,81
Sens's Slope	0,033	0,45
Pettitt's test	1999	2014
Pettit's p -value	0,0004	0,17
Average	8,18	348,1
Significance Level	Significant	Not significant

Натиҷаи таҳлилҳо бо истифода аз ММК, тамоюли аз ҷиҳати омӯрӣ назаррасро нишон надод, натиҷаҳои қимати z ва p , ки мутаносибан ба 0,24 ва 0,8 баробаранд, аз нишондиҳандаҳои сатҳи назаррас калон мебошанд, яъне $p > \alpha$ аст. Ҷамъи солонаи боришоти атмосферӣ дар ҳавзаи дарёи Варзоб ба ҳисоби миёна 348,1 мм мебошад. Мувофиқи натиҷаҳои Sen's slope боришоти атмосферӣ соле 0,45 мм меафзояд, ки ин қимат дар давраи мушоҳидавӣ ба 202,5 мм баробар мебошад.

Ҳарчанд таҳлили натиҷаҳои Pettit's test дар соли 2014 нуқтаи шикастро нишон медиҳад, вале қимати p -value он ба 0,17 баробар буда, гипотезаи нулиро рад наменамояд, яъне $p > \alpha$ мебошад. Вобаста ба натиҷаҳои бадастомада доир ба боришот бояд зикр намуд, ки дар ҳавзаи дарёи Варзоб ноустувории муайяншуда дар қиматҳои миёнаи пеш ва баъди соли 2014 дар сатҳи табиӣ тағйирёбии байнисолӣ боқӣ мондааст.



Расми 3. Таҳлили тамоюли мавсимии ҳарорати зимистона (А), баҳорӣ (В), тобистонӣ (С) ва тирамоҳӣ (D) бо истифода аз ММК, Sen's slope test ва Pettit's test дар ҳавзаи дарёи Варзоб.

Барои боз ҳам дақиқтар дарк кардани тамоюли ҳарорати миёнаи солна дар ҳавзаи дарёи Варзоб таҳлили мавсимии

он гузаронида шуда, дар баробари расми 3 дар ҷадвали 3 натиҷа ва визуалитатсия шудааст.

Ҷадвали 3. Натиҷаи таҳлили мавсимии ҳарорати ҳаво аз рӯйи ММК, Sen's slope test ва Pettit's test дар ҳавзаи дарёи Варзоб.

Тест	Зимистон	Баҳор	Тобистон	Тирамоҳ
ММК z-score	2,2505	3,4827	2,3424	1,6141
ММК p-value	0,0244	0,0005	0,0192	0,1065
Sen's slope	0,0281	0,0569	0,0205	0,0187
Pettitt's test	1996	1999	2005	2001
Pettit's p-value	0,1168	0,0000	0,0991	0,3390
Average T	-3,91	7,52	20,35	8,76
Significance Level	Significant	Significant	Significant	No- Significant

Қиматҳои дар натиҷаи истифодаи тести ММК бадастовардашуда ифодагари он аст, ки дар тамоми фаслҳои сол тамоюли мусбӣ мавҷуд буда, он аз ҷиҳати оморӣ дар фаслҳои зимистон, баҳор ва тобистон назаррас, вале дар фасли тирамоҳ тақрибан бетағйир мебошад. Тамоюли калонтарин ба фасли баҳор рост меояд, ки қи-

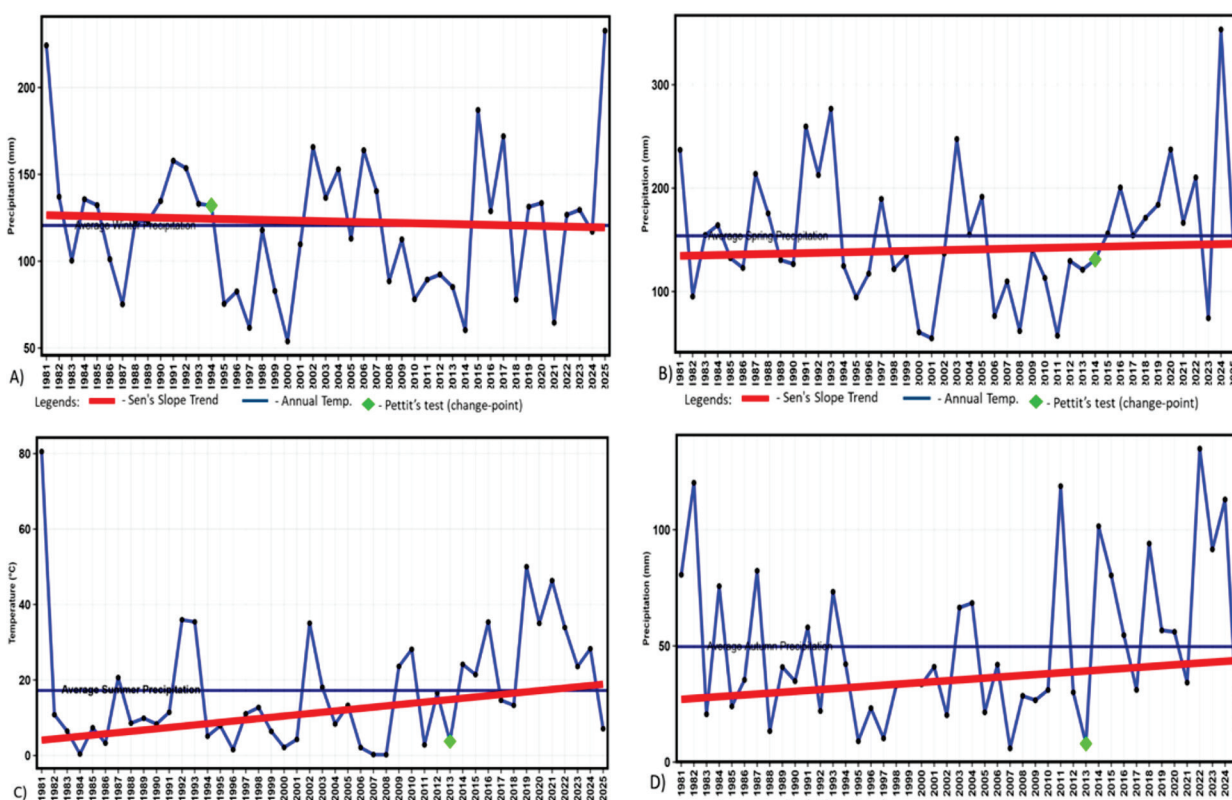
мати p -и он ба 0,005 меравад ва аз сатҳи назаррас ниҳоят хурд мебошад.

Мувофиқи натиҷаҳои аз Sen's slope test гирифташуда, ҳарорат дар ҳар фасли сол ба таври мухталиф баланд мешавад. Қимати баландтарини афзоиши ҳарорат ба фасли баҳор рост меояд, ки он тақрибан ба 0,06 баробар мебошад. Ҳарорати

ҳаво нисбат ба фаслҳои тобистону тирамоҳ дар фасли зимистон баланд мешавад, ки бузургии тамоюли афзоиши он сола $\sim 0,03^\circ\text{C}$ -ро ташкил медиҳад. Баландшавии ҳарорат дар фаслҳои тобистону тирамоҳ тахминан бо ҳам баробар буда, мутаносибан 0,02 ва 0,018 мебошад.

Таҳлили маълумотҳои миёнаи боришот тавассути Pettit's test гузаронида шуда, ба вуҷуд омадани нуқтаи шикаст ё ивазшавӣ дар ҳар фасл мувофиқан дар солҳои 1996, 1999, 2005 ва 2001 арзёбӣ карда шудааст. Агар ба натиҷаҳои бу-

зургии p дар фаслҳои баҳор ва тобистон назар андозем, он гувоҳӣ медиҳад, ки дар қатори маълумотҳо лаҳзаи равшанӣ ивазшавии реча ё қимати миёнаи арифметикӣ мавҷуд буда, онро бо вариатсияи одии тасодуфӣ шарҳ додан номумкин аст. Ҳарорати миёнаи мавсимӣ дар фасли зимистон, ки нишондоди пастаринро дорад, ба $-3,91^\circ\text{C}$, дар фасли баҳор ба $7,52^\circ\text{C}$, дар фасли тобистон (бузургии максималӣ дорад) ба $20,35^\circ\text{C}$ ва дар фасли тирамоҳ ба $8,76^\circ\text{C}$ баробар мебошад.



Расми 4. Таҳлили тамоюли мавсимии боришоти атмосферӣ дар ҳавзаии дарёи Варзоб бо истифода аз MMK, Sen's slope test ва Pettit's test.

Таҳлили мавсимии боришот ниҳоят гуногунранг мебошад. Агар ба қимати MMK назар андозем, пас муайян мегардад, ки тамоюли боришот дар фасли баҳор манфӣ буда, дар фаслҳои дигар мусбӣ боқӣ мемонад. Новобаста аз тамоюли гуногун натиҷаҳои бадастовардашуда аз ҷиҳати омӯри назаррас набудани тағйирёбии боришотро дар фаслҳои

зимистон, баҳор ва тирамоҳ нишон медиҳанд. Тағйирёбии боришоти атмосферӣ дар фасли тобистон назаррас буда, z -score-и он баробари 2,156 ва p -value ба 0,03 баробар мебошад, ки аз қимати сатҳи назаррасӣ мутаносибан баланд ва пастанд (ҷадвали 4). Пас зиёдшавии боришоти атмосферӣ дар фасли тобистон аз ҷиҳати омӯри назаррас мебошад.

Ҷадвали 4. Натиҷаи таҳлили боришоти атмосферӣ бо истифода аз ММК, Sen's slope test ва Pettit's test дар ҳавзаи дарёи Варзоб.

Тест	Зимистон	Баҳор	Тобистон	Тиранмоҳ
ММК z-score	-0,9193	0,3228	2,156	0,9
ММК p-value	0,3579	0,7468	0,0311	0,3734
Sen's slope	-0,1607	0,2649	0,3367	0,3808
Pettitt's test	1994	2014	2013	2013
Pettitt's p-value	0,6291	0,3537	0,0335	0,1684
Average P	120,6	153,9	17,23	49,71
Significance Level	No- Significant	No- Significant	Significant	No- Significant

Аз расми 4 ва ҷадвали 4 дида мешавад, ки мувофиқи Sen's slope test коҳишёбии солони боришот дар фасли зимистон ба -0,16 мм баробар буда, нишондиҳандаҳо барои фаслҳои баҳор, тобистон ва тирамоҳ мусбӣ мебошад ва соли мувофиқан 0,26; 0,34 ва 0,38 мм-ро ташкил медиҳад.

Нишондиҳандаҳои Pettitt's test барои муайян кардани нуқтаи ивазшавӣ баёнкунандаи он аст, ки нуқта дар зимистони соли 1994 шикаста, баҳори соли 2014 ва тобистону тирамоҳ соли 2013 шикаста шудааст. Вале зикр намудан ба маврид аст, ки нуқтаи шикаст ё ивазшавии реча дар фасли тобистон тасодуфӣ набуда, онро тавасстути вариатсияи одӣ ташреҳ додан ғайриимкон аст.

Қимати миёнаи боришоти атмосферӣ дар фасли зимистон 120,6 мм, дар фасли баҳор 153,9 мм буда, дар фасли тобистон дорои бузургии минималии 17,23 мм мебошад ва дар фасли тирамоҳ ба 49,71 мм баробар мешавад.

Муҳокима

Дар натиҷаи таҳлили маълумотҳои метеорологии ҳавзаи дарёи Варзоб ва натиҷаҳои бадастомада муайян карда шуд, ки афзоиши назарраси ҳарорати миёнаи солони ва зиёдшавии аз ҷиҳати оморӣ ғайриназарраси ҷамъи солони боришот ба мушоҳида меравад. Чи тавре, медонем айна ҳол дар тамоми ғӯшаю канори кураи арз раванди гармшавии глобалии иқлим ҷараён дорад ва мувофиқи маълумотҳо [2, 19-20], барои Осиёи Марказӣ, алахусус минтақаҳои кӯҳӣ, чунин тағйирот хос ме-

бошад. Тибқи натиҷаҳои муаллифони [18, 20-21], ҳарорати миёнаи солони дар ҳавзаи дарёи Варзоб ба таври назаррас афзоиш ёфтааст, вале боришоти атмосферӣ тамоюли коҳишёбӣ дорад.

Тавре болотар зикр гардид, дарёи Варзоб ба ғурӯҳи дарёҳои ғизогириашон барфию пиряхӣ мансуб буда [10], тағйирёбии шароитҳои метеорологӣ (боришот, ҳарорат) метавонад ба речаи гидрологии дарё паёмдҳои ногуворе орад, дар ҳоле, ки муаллифони [10-11] пиряхҳои ҳавзаи дарёи Варзобро ноустувор арзёбӣ намудаанд. Бинобар ин, тағйирот дар шароитҳои метеорологӣ метавонад боиси боз ҳам коҳиш ёфтани миқдори ва ҳаҷми пиряхҳо гардад.

Афзоиши ҳарорати ҳаво ва коҳишёбии боришоти атмосферӣ таъсири манфии худро на танҳо ба пиряхҳо мерасонанд, балки боиси сар задани офатҳои табиӣ гидрометеорологӣ низ мегардад. Ҳамзамон, натиҷаҳои таҳлили мавсимии бузургҳои метеорологӣ ифодагари он аст, ки ҳарорат дар фаслҳои зимистон, баҳор ва тобистон ба таври назаррас афзуда, аз ҷиҳати оморӣ назаррас мебошад ва дар фасли тирамоҳ низ тамоюли мусбат дорад. Боришоти атмосферӣ низ дар фасли зимистон коҳиш ёфта, аз ҷиҳати оморӣ назаррас нест. Ҳарчанд аз ҷиҳати оморӣ тамоюли боришот дар фаслҳои баҳору тирамоҳ назаррас нест, вале он майли афзоиш дорад. Дар фасли тобистон бошад, боришот дорои тамоюли мусбии аз ҷиҳати оморӣ

назаррас мебошад. Таҳлилҳои болозикр ва натиҷаҳои муаллифони [10-11] собит менамояд, ки дар ҳавзаи дарёи Варзоб сатҳи аккумулятсия аз аблятсия эҳтимолияти хурд дорад.

Хулоса

Афзоиши ҳарорат ва камшавии боришот дар фасли зимистон шароити мусоиде барои таназзулҳои пирияхҳо мебошад, зеро боришот на дар шакли саҳт балки бештар дар шакли моеъ мерезад ва ҳарорати нисбатан баланд об шудани қабати барфро метезонад. Албатта, дар ин ҳолат эҳтимолияти пайдоиши офатҳои табиӣ гидрометеорологӣ, алалхус фаромадани тарма дар ҳавзаи дарёи Варзоб меафзояд. Мувофиқи бархе андешаҳо [2], баландшавии ҳарорати ҳаво ва боридаи борон барои ба вучуд омадани тармаҳои тар шароити мусоид фароҳма меорад.

Баландшавии ҳарорати ҳаво ва камшавии боришоти саҳти атмосферӣ (барф), метавонад боиси сар задани офатҳои табиӣ гидрометеорологӣ дар давраи гармои сол аз ҳисоби барфҳои кӯҳна гардад. Шояд ин тармаҳо нисбатан хурд бошанд, вале дар таркибашон сангҳои андозаҳои гуногунро меоранд, ки боиси вайронҳои бештар мегардад. Ҳамчунин, афзоиши ҳарорат, алалхусус дар фаслҳои баҳору тобистон боиси барвақт об шудани қабати барфӣ ва коҳишҳои пирияхҳо мегардад. Ин раванд низ метавонад барои ноустувор гардонидани пирияхҳои ҳавзаи дарёи Варзоб яке аз омилҳои назаррас гардад. Афзоиши боришоти атмосферӣ дар шакли моеъ имкони ба вучуд омадани селҳоро низ зиёд намуда, боиси вайроншавии тавозуни оби дарё мегардад ва то андозае ба сифати об ҳам бетаъсир намемонад.

Адабиёт

1. Душанбинский водный процесс – арена действия в решении глобальных водных проблем / М.М. Хаклод, О.Х. Амирзода, Н.Б. Курбон, А.А. Гулахмадзода // Водные ресурсы, энергетика и экология. – 2026. – Т.6. – №1. – С.9-18. – EDN LUPVPY (на тадж. яз.).

2. Курбон, Н. Проблемы изменения климата: взгляды на причины, последствия и подходы к адаптации / Номвар Курбон. - Душанбе: Дониш, 2025. - 260 с. (на тадж. яз.).
3. Водохозяйственная инфраструктура в общей системе управления водными ресурсами: монография / О.Х. Амирзода, С.К. Давлатшоев, Ф.А. Кариева, З.В. Кобули, Н.Б. Курбонов, Я.Э. Пулатов, А.Р. Фазылов. – Душанбе: ИВП, ГЭиЭ НАН Таджикистана, 2021. - 172 с.
4. Курбонов, Н.Б. Межгосударственные отношения между странами Центральной Азии по совместному использованию гидроэнергетических ресурсов / Н.Б. Курбонов, Ш.Б. Курбонов // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование: Материалы Международной научно-практической конференции. – Алматы, 22-24 сентября 2016 г. – С.325-329.
5. Пулатов, Я.Э. Водные проблемы бассейна Аральского моря и пути их решения / Я.Э. Пулатов // Водные ресурсы, энергетика и экология. – 2021. – Т.1. – №1. – С.83-91.
6. Курбонов, Н.Б. Моделирование изменения атмосферной температуры по моделям СССР - EQ и GFDL - TR / Н.Б. Курбонов // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2013. – №1-2 (106). – С.122-129. – EDN VXKUQJ.
7. Курбонов, Н.Б. Изменение климата и циркуляция атмосферы в Таджикистане по моделям HadCM2 и UK-TR / Н.Б. Курбонов // Вестник Педагогического университета. – 2013. – №5-2 (54). – С.119-125. – EDN SCENST.
8. Гулаёзов, М.Ш. Географо-гидрологическая и экологическая оценка состояния бассейна реки Варзоб // Дисс. на соис. уч. степ. к.г.н. - Душанбе, 2022. - 155 с.
9. Муродов, П.Х. Хусусиятҳои гидрохимиявии захираҳои оби ҳавзаи дарёи Варзоб // Дисс. барои дарёфти дараҷаи илмии н.и.т. - Душанбе, 2022. - 155 с.
10. Раҳимӣ, Ф. Об, илм ва рушди устувор / Ф. Раҳимӣ, Х. Муҳаббатова, А.С. Ниёзов, Ҳ. Абборов. - Душанбе: «Дониш», 2018. - 432 с.
11. Абборов, Ҳ. Пирияхҳои Тоҷикистон / Ҳ. Абборов. - Душанбе, 2017. - 147 с.
12. Ледники – водные ресурсы Таджикистана в условиях изменения климата // Главное управление по гидрометеорологии и наблюдениям за природной средой. – Душанбе, 2010. – 34 с.
13. Курбонов, Н.Б. Динамика изменения метеорологических условий и их влияние на водные ресурсы бассейна реки Зерафшан: Дис. на соис. уч. степ. к.тех.н. – Душанбе, 2019. – 156 с.
14. Курбонов, Н.Б. Формирование состава водных ресурсов бассейна р. Зерафшан. Влияние

- изменения климата на условия формирования и химического состава водных ресурсов БРЗ. Монография / Н.Б. Курбонов, Г.Т. Фрумин. – LAP Lambert Academic Publishing, 2021. – 145 с.
15. What is Data Collection? // URL: <https://safetyculture.com/topics/data-collection>
 16. Hamed, K.H. and Rao, A.R. (1998) A Modified Mann-Kendall Trend Test for Autocorrelated Data // Journal of Hydrology, 204, 182-196. – [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(97\)00125-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00125-X)
 17. Aswad, F.K., Yousif, A.A., & Ibrahim, S.A. (2021). Trend Analysis Using Mann-Kendall and Sen's Slope Estimator Test for Annual and Monthly Rainfall for Sinjar District, Iraq // Journal of Duhok University, 23(2), 501-508 – <https://doi.org/10.26682/csjuod.2020.23.2.41>
 18. Гулахмадов Н.А. Анализ многолетних трендов температуры в бассейне реки Кафирниган в Таджикистане / Н.А. Гулахмадов, Я. Чен // Научно-технический вестник Брянского государственного университета, 2023. – №2. – С.189-203.
 19. Курбонов, Н.Б. К вопросу изменения климата Таджикистана в условиях глобального потепления / Н.Б. Курбонов // Вестник Педагогического университета. Естественные науки. – 2022. – №3 (15). – С.22-31. – EDN QQFYLB.
 20. Влияние рельефа на формирование местного микроклимата (на примере южного склона Гиссарского хребта) / Н.Б. Курбон, О.Ш. Маджидов, Ф.Д. Шарифов, С.О. Мирзохоннова // Устойчивое развитие горных территорий. – 2024. – Т.16. – №4(62). – С.1849-1861. – DOI 10.21177/1998-4502-2024-16-4-1849-1861. – EDN PTMYQM.
 21. Кариева, Ф.А. Климатические особенности верхней и средней части ущелья реки Варзоб / Ф.А. Кариева, Д. Халилов, Н.Б. Курбон // Водные ресурсы, энергетика и экология. – 2024. – Т.4. – №3. – С. 37-44. – EDN AXDZDT.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БАСЕЙНА РЕКИ ВАРЗОБ ЗА ПЕРИОД 1981-2025 гг.

Нозимов С.Х.^{1,*}, Садриддинов О.М.², Шарифов Ф.Д.³

¹Казахстанско-Немецкий Университет,

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

³Таджикский государственный педагогический университет имени Садриддина Айни,

*Автор корреспондент. E-mail: sadinozimov28@gmail.com

Аннотация. В данной статье проведен статистический анализ метеорологических параметров (среднегодовой температуры и годового количества осадков) за период 1981-2025 годов в бассейне реки Варзоб с использованием ММК (Modified Mann-Kendall Test), Sen's slope test и Pettit's test. Результаты сезонного анализа средней температуры воздуха показывают, что она статистически значимо повышается зимой, весной и летом, а также имеет положительную тенденцию осенью. Атмосферные осадки уменьшились зимой, но это уменьшение статистически незначимо. Хотя тенденция сезонных осадков весной и осенью также статистически незначима, а наблюдается тенденция к увеличению. Летом наблюдается статистически значимая положительная тенденция в количестве осадков.

Ключевые слова: метеорологические параметры, температура, осадки, статистический анализ, тест, тренд, река, ледник, бассейн реки Варзоб.

STATISTICAL ANALYSIS OF METEOROLOGICAL PARAMETERS OF THE VARZOB RIVER BASIN FOR THE PERIOD 1981-2025

Nozimov S.Kh.^{1,*}, Sadriddinov O.M.², Sharifov F.D.³

¹Kazakh-German University,

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

³Tajik State Pedagogical University named after Sadriddin Aini

*Corresponding author. E-mail: sadinozimov28@gmail.com

Abstract. This article presents a statistical analysis of meteorological parameters (mean annual temperature and annual precipitation) for the period 1981-2025 in the Varzob River basin using the ММК (Modified Mann-Kendall Test), Sen's slope test, and Pettit's test. The results of a seasonal analysis of average air temperatures

show statistically significant increases in winter, spring, and summer, with a positive trend in autumn. Precipitation decreased in winter, but this decrease is statistically insignificant. However, the trend in seasonal precipitation in spring and autumn is also statistically insignificant, with an upward trend observed. A statistically significant positive trend in precipitation is observed in summer.

Key words: meteorological parameters, temperature, precipitation, statistical analysis, test, trend, river, glacier, Varzob River basin.

Маълумот дар бораи муаллифон: Нозимов Саъди Хуршедович – магистранти соли 2-юми Донишгоҳи Қазоқистону Олмон, Тел.: (+992) 800-10-35-75; E-mail: sadinozimov28@gmail.com; Шарифов Фирдавс Далерович – докторанти (PhD) Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел.: (+992) 988-05-21-72, E-mail: firdavs.sharifov97@mail.ru; Садриддинов Озодбахт Муҳиддинович – докторанти факултети географияи Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айни, Тел.: (+992) 777-05-55-11, E-mail: sadriddiniov.ozodbakht@mail.ru.

Сведения об авторах: Нозимов Саади Хуршедович – магистрант 2-го курса Казахстано-Немецко-го университета, Тел.: (+992) 800-10-35-75; E-mail: sadinozimov28@gmail.com; Шарифов Фирдавс Далерович – докторант (PhD) Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана, Тел.: (+992) 988-05-21-72, E-mail: firdavs.sharifov97@mail.ru; Садриддинов Озодбахт Муҳиддинович – докторант (PhD) географического факультета Таджикского государственного педагогического университета имени Садриддина Айни, Тел.: (+992) 777-05-55-11, E-mail: sadriddiniov.ozodbakht@mail.ru.

Information about the authors: Nozimov Saadi Khurshedovich – 2nd year master's student of the Kazakh-German University, Phone: (+992) 800-10-35-75; E-mail: sadinozimov28@gmail.com; Sharifov Firdavs Dalerovich – PhD student of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone: (+992) 988-05-21-72, E-mail: firdavs.sharifov97@mail.ru; Sadriddinov Ozodbakht Muhiddinovich – PhD student of the Faculty of Geography of the Tajik State Pedagogical University named after Sadriddin Aini, Phone: (+992) 777-05-55-11, E-mail: sadriddiniov.ozodbakht@mail.ru.

УДК 551.583+504+911 (575.3)

ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ ТАДЖИКИСТАНА

Рахимзода О.Д.¹, Муртазаев У.И.^{2,*}

¹Худжандский государственный университет им. академика Б.Гафурова

²Таджикский государственный педагогический университет им. С.Айни

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

Аннотация. В статье оцениваются глобальные и региональные направления изменения климата в целом, изучение и описание климата и климатообразующих факторов Таджикистана в частности, научные аспекты природно-климатических изменений окружающей среды и их влияние на компоненты природной среды Таджикистана. Рассмотрены также последствия и риски потепления климата, его влияние на горные экосистемы, тенденции изменения климата в Таджикистане, проблемы опустынивания в горных экосистемах, стихийные бедствия и их опасные последствия, в том числе усиление паводков и оползней, сход лавин, уменьшение запасов снега и ледяного покрова на территории республики, снижение урожайности сельскохозяйственных земель, увеличение потребности в воде. Авторы статьи изучая теории и мнения многих ученых о причинах потепления климата собрали их основные гипотезы. В связи с указанными проблемами авторы попытались проанализировать природно - географические условия Республики Таджикистан и представить свое научное мнение по этому поводу.

Ключевые слова: глобальное и региональное изменение климата, природная среда Республики Таджикистан, изменение климатических условий, средний показатель метеорологических единиц, изменение общей атмосферной циркуляции, антропогенное воздействие на природную среду, истощение озонового слоя, процесс разрушения ледников, риск стихийных бедствий.

Введение

Определение влияния глобального и регионального изменения климата на состояние компонентов природной сре-

ды страны, её социально-экономическую и политическую ситуацию представляет весьма важную проблему.

История Земли свидетельствует о том, что в годы засухи и особенно длительные периоды непредсказуемой погоды наблюдалось обострение социально-экономических отношений, межплеменных конфликтов, войн и восстаний. Кроме того, изучение влияния изменения климата на геоэкологический и ресурсный потенциал считается чрезвычайно важным для практической, экономической, финансовой и социальной деятельности общества. В этой связи научное исследование по данному вопросу считается очень важным.

Целью данной статьи является сбор и анализ материалов изменения климата на глобальном и региональном уровнях с краткой оценкой последних на природную среду в Таджикистане.

Материал и методика исследований

Привлекались данные по обозначенной цели исследования из различных литературных источников, включавшими в себя

- прошлые изменения климатических условий на определенной территории;
- прогнозирование общих экологических изменений на изучаемой территории, произошедших в результате глобальных и региональных климатических изменений;
- причины изменения климата и т.д.

Краткая история изменения климата и глобального потепления

Климат – это усредненный показатель метеорологических единиц, полученный на основе многолетних наблюдений за погодой: средняя температура, среднее количество осадков, среднее давление и т. д. Климат тесно связан с другими элементами природы, и прежде всего с активностью солнца [1]. Под влиянием солнца и других факторов наблюдаются изменения климатических процессов. Имеющиеся данные доказывают, что с 70-х годов XIX века по 40-е годы XX века наблюдалось потепление климата, и это потепление в основном затронуло северные регионы: температура на Шпицбергене повы-

силась на 2-3 °С, что привело к таянию ледников. Только в арктическом регионе России с 1924 по 1945 год площадь океанического льда уменьшилась на 15% (1 миллион км²). Ледник Якобсхавн в западной Гренландии сократился на 20 км за 40 лет (1880-1920), и аналогичное уменьшение ледников наблюдалось в Европе, Азии, Северной Америке и даже в экваториальной части Африки и Андах Южной Америки. Ледник Федченко на Памире отступил на 280-300 м в период с 1933 по 1957 год, а ледник Росса в Антарктиде – на 300 м. За это время граница зоны вечной мерзлоты сместилась к северу, а вокруг города Туруханска слой вечной мерзлоты опустился на 10 м. Глобальное потепление климата привело к смещению естественных зон к северу. В 1940-х годах началось похолодание климата, продолжавшееся до 1965 года. С 1965 по 1985 год климат потеплел еще сильнее. Подобные климатические изменения наблюдались и в другие столетия. Например, в период с 900 по 1300 год климат был на 1°С теплее, чем сегодня, а в некоторых местах – до 5°С теплее. Именно в этот период викинги достигли Гренландии и Ньюфаундленда. После этого, в X-XIV веках, начался «Малый ледниковый период», который продолжался до XVI-XVII веков и, с некоторыми перерывами, до середины XIX века [1]. В результате этого увеличились и ледяные поля, прервались контакты с викингами Гренландии, что привело к их вымиранию. В этот период замерзли низовья Роны, Генуэзский залив, всё Балтийское море и часть Чёрного моря, и стало возможным путешествовать из Крыма в Турцию на санях. Это был период увеличения снежных полей, и даже предгорья Абиссинских гор были покрыты снегом в течение многих месяцев. Исторические геологические данные также показывают, что климат отдельных эпох и периодов менялся. Примерами тектонических событий являются поднятие или опускание

поверхности суши, движение континентов, приводящее к изменению направления океанических течений, изменения в общей циркуляции атмосферного воздуха и т. д. Астрономическая гипотеза связывает изменение климата с изменениями наклона оси Земли и орбиты. Согласно этой гипотезе, отдельные объекты в геологической истории Земли меняют свое местоположение.

По мнению ученого Альфреда Вагнера [2], в зависимости от изменения положения полюсов, широтного положения отдельных точек на Земле, Шпицберген в каменноугольном периоде располагался на 24° с.ш., в эоцене – на 38° с.ш., в начале четвертичного периода – на 70° с.ш., а в настоящее время – на 79° с.ш., что, безусловно, может привести к изменению климата.

Расположение Республики Таджикистан на юге ($36-42^\circ$ с.ш. широты) увеличивает величину радиации. Суммарная годовая солнечная радиация в вертикальных зонах составляет $151-176$ ккал/см². Солнце светит в среднем 2097-3166 часов в год, поэтому продолжительность вегетационного периода составляет 195-315 дней [2]. Суммарная суточная положительная температура (выше $+5^\circ$) в течение года в долинах превышает 6000° . В СНГ это один из высоких показателей, способствующий выращиванию теплолюбивых растений (цитрусовых и субтропических), а также получению двух-трех урожаев за сезон. К сожалению, несвоевременные весенние заморозки и ранние осенние похолодания, а также засухи и волны жары создают множество трудностей для относительно полного использования запасов тепла. В зависимости от рельефа и высоты региона над уровнем моря в республике сформировались несколько типов климата:

- сухой субтропический климат (в долинах Вахша и Гиссара) с длинным жарким летом, короткой мягкой зимой и не-

большим количеством осадков (150-200 мм);

- сухой континентальный климат с жарким летом и холодной зимой, с количеством осадков 350-700 мм;

- умеренный климат (в среднегорных районах) с прохладным летом и холодной зимой, с количеством осадков до 1500 мм;

- высокогорный и пустынный климат (высокогорный регион), характеризующийся длинными холодными зимами, короткими сухими летами и малым количеством осадков (60-100 мм) [3].

Полученные результаты и их обсуждение

Значительную роль в формировании климата играет атмосферная циркуляция. В зависимости от сезона в Таджикистане господствуют арктические, западные и тропические ветры. Зимой климат республики формируется под влиянием холодного арктического воздуха и влажного атлантического воздуха, а летом – под влиянием горячего и сухого тропического воздуха. Зима в Таджикистане короткая и изменчивая. Средняя температура обычно выше 0° (иногда опускается до -20° , а в высокогорьях до -50°). Весна и осень в долинах короткие и дождливые. Лето длинное, сухое и жаркое, температура в долинах достигает $+40-45^\circ$. Самое жаркое место в Таджикистане – Шахристуский район (Айвадж $+48^\circ$) [4]. Зимой Таджикистан находится под влиянием постоянных сибирских антициклонов. Холодный период года характеризуется притоком холодного арктического воздуха, во время которого даже на юге республики температура воздуха в отдельные дни может опускаться до $24-30$ градусов. Среднемесячная температура в январе в основном на $0,3-2,5^\circ\text{C}$ выше, но в некоторых северных регионах республики (Худжанд) она на $0,3^\circ\text{C}$ ниже [4].

Характерной особенностью этого региона являются большие колебания температуры с быстрым переходом к 0°C .

Последние весенние заморозки в большинстве регионов заканчиваются в конце марта, первые осенние заморозки приходятся на вторую половину октября. Самый длительный морозный период, до 260 дней, характерен для долин юго-западного Таджикистана. Переходная зона от долин к высоким горам высотой до 2500 м включает в себя: Зеравшанскую долину, горные районы Центрального Таджикистана и часть Западного Памира. Летом погода слегка облачная и сухая, но прохладнее. Для этого региона характерно постепенное снижение температуры с высотой.

В исследованиях, начавшихся в 1960-х годах, а затем и в 1990-х годах в странах СНГ, особое внимание уделялось методам прогнозирования, учитывающим в качестве основы закономерности изменения климата в прошлые периоды. Среди исследований, посвященных Центральной Азии, очень интересна работа В.Г. Коновалова [5], в которой разработан метод пространственно-сезонной экстраполяции сумм осадков, среднемесячных температур и влажности воздуха в Центральной Азии в диапазоне 350–45° северной широты и 660–81° восточной долготы. Этот метод является частью модели, состоящей из специальных индикаторов, которая используется для определения гидрологического режима, баланса массы ледников и их накопления в речных бассейнах Центральной Азии, что также позволяет выявлять изменения климата в данный период.

Первые активные работы по моделированию глобальной циркуляции атмосферы и океана начались в США, Канаде и Австралии в конце 1950-х годов. Ряд исследований посвящен изучению изменения климата в прошлые геологические периоды. В 1970-х и 1980-х годах подход к прогнозированию изменения климата основывался на теории антропогенного глобального потепления и интенсифи-

кации климатического режима планеты. Эти исследования обосновали физические законы возможного глобального изменения климата под влиянием природных и антропогенных факторов.

В настоящее время еще одним фактором, вызывающим глобальное изменение климата, является антропогенный фактор. Этот фактор проявляется прежде всего в изменениях состава углекислого газа в атмосфере, что за последние 120 лет привело к увеличению его концентрации с 0,028 до 0,035% [1]. Такое увеличение CO_2 обусловлено ростом использования ископаемого топлива, строительством промышленных предприятий и ростом крупных городов. Повышение уровня CO_2 вызывает эффект потепления, и, по некоторым оценкам, к середине XXI века температура повысится на 2,5°C [1]. Это приведет к таянию ледников и повышению уровня моря. Изменяются условия ведения сельского хозяйства: и без того влажные северные регионы станут еще более влажными, а засушливые – еще более засушливыми.

С другой стороны, увеличение количества пыли в атмосфере, сокращение лесных массивов (на 20 га в минуту), орошение пустынных регионов приводят к изменению количества солнечного света и, следовательно, к изменению климата.

Следует отметить, что все факторы влияния человека на климат взаимосвязаны, и поэтому в настоящее время крайне сложно предсказывать изменения погоды. Например, если воздух нагревается за счет испарения, то испарение усиливается, что приводит к конденсации и образованию облаков. Облачность, в свою очередь, уменьшает количество солнечного света. Это затрудняет прогнозирование изменения климата.

По данным Межправительственной рабочей группы ученых и исследователей по глобальным изменениям температуры атмосферы и мирового океана в XX

и XXI вв., в которую входят национальные Академии наук восьми стран (Великобритании, Германии, Италии, Канады, России, Франции и Японии), средняя температура нашей планеты повысилась на 0,7 градуса. Ученые установили, что если рост выбросов парниковых газов продолжится такими темпами, то к 2100 году среднегодовая температура нижних слоев атмосферы Земли может повыситься на 1-3,5°C. Это приведет к таянию ледников и айсбергов, что вызовет повышение уровня моря на 15-95 см. Некоторые ученые считают, что частые штормы и наводнения, наблюдавшиеся в последние годы, могут быть следствием глобального потепления. Повышение температуры приводит не только к повышению уровня моря и океанов, но и к изменению многовековой нормы атмосферных осадков и нарушению её закономерностей, что, в свою очередь, ведет к стихийным бедствиям, таким как наводнения, засухи, ураганы и т. д.

В последнее десятилетие изменение климата стало очевидным на планете. Жизнь всех обитателей Земли напрямую зависит от климата. По мнению ученых, основным фактором влияния является антропогенное воздействие на окружающую среду, начиная от производства и заканчивая использованием биоресурсов. По показаниям Я.А. Израэля [6] каждый антропогенный объект классифицируется с учетом степени воздействия на окружающую среду и причины ущерба. По мнению этого ученого, антропогенное воздействие на окружающую среду оценивается как положительное, так и отрицательное [6]. Положительное антропогенное воздействие на окружающую среду – это определение отношения общества к окружающей среде, которое в большей степени ориентировано на природные ресурсы. Природные ресурсы являются источником человеческих потребностей, из которых получают сырье

для человеческой деятельности. Именно поэтому объекты производственного сектора – производительные силы, промышленность и сельское хозяйство влияют на природные ресурсы, изменяя окружающую среду. Интенсивное вмешательство человека в окружающую среду привело к формированию техногенного рельефа в горных долинах Таджикистана, который, в первую очередь, представлен застроенными территориями, водохранилищами, спрямленными руслами рек, различными дамбами. На его долю приходится около 17% территории страны [7]. Антропогенное воздействие на окружающую среду осуществляется в двух формах: косвенном и прямом.

Согласно автору [1, 4], на сегодняшний день ученые не могут с полной уверенностью и достоверностью доказать основную причину изменения климата, поскольку по этому вопросу было выдвинуто множество теорий и идей. Изучив большинство из них, в нашем исследовании мы сформулировали основные гипотезы: 1) солнечная активность; 2) влияние океана; 3) вулканическая активность; 4) неизвестные взаимодействия между Солнцем и планетами солнечной системы; 5) независимо, без какого-либо внешнего влияния и деятельности человека; 6) антропогенное влияние; 7) фреоны и космические лучи и 8) частые пожары, особенно в лесах;

Китайский ученый Лу Чаоян в своей работе [8] доказал, что космические лучи и ультрафиолетовое излучение играют ключевую роль в разрушении озонового слоя. Для подтверждения своей гипотезы автор отслеживал положение озонового слоя Земли и интенсивность потоков космических лучей в двух 11-летних солнечных циклах с 1980 по 2007 год.

В исследовании Х.М. Мухаббатова [9] прогнозируется неблагоприятные последствия потепления климата на территории Таджикистана. По его мнению, в зави-

симости от вертикальной зональности территория республики занимает многообразные климатические пояса и именно поэтому влияние потепления климата будет неоднозначным (по содержанию, степени воздействия на экосистему). В данном исследовании подчеркивается необходимость разработки адаптационных мер по смягчению неблагоприятных последствий потепления климата. Турдиев Т.М. [10] исследована природа ледников Таджикистана и процесс их деградации, предложены меры локализации ледников горного типа путём создания искусственных озёр в полосах воздушных потоков.

Согласно авторов [10-11], следует учитывать следующие задачи: 1) прогнозирование изменений климатических условий с учетом природных условий определенной территории; 2) прогнозирование общих экологических изменений на изучаемой территории, произошедших в результате глобальных и региональных климатических изменений; 3) анализ влияния изменения климата на экономические сектора, использующие возобновляемые природные ресурсы; 4) анализ случаев экологических кризисов в результате изменения климата; 5) прогнозирование влияния климатических и экологических изменений на социально-демографическую сферу, медико-демографический потенциал.

Таким образом, в связи с насущными проблемами столетия, Республика Таджикистан является одной из стран с высоким риском стихийных бедствий. Поскольку территория Республики Таджикистан на 93% гористая, и только 7% её составляют равнины, риск стихийных бедствий также возрастает из-за изменения климата. На территории Республики Таджикистан зафиксированы такие опасные природные явления и процессы, как оползни, селевые потоки, лавины, сильные ветры, проливные дожди, землетрясения, засухи, похолодания, крупный град, сильные снегопады, сильная жара и др. [1]. Среди

геофизических чрезвычайных ситуаций землетрясение является одним из самых мощных и разрушительных природных явлений. Оно происходит внезапно, и предсказать время и место его возникновения или предотвратить его сложно, а в большинстве случаев и невозможно. По словам Основателя мира и национального единства – Лидера нации, уважаемого Эмомали Рахмона, быстрое таяние ледников в результате повышения температуры воздуха привело к беспрецедентному увеличению числа стихийных бедствий и деградации водной экосистемы [13]. Это явление ежегодно приводит к разрушению многих структур национального хозяйства и наносит огромный материальный ущерб населению. Президент республики уважаемый Эмомали Рахмон подчеркнул, что «...только летом этого года стихийные бедствия, связанные с водой, нанесли населению Таджикистана и экономике страны материальный ущерб в сотни миллионов долларов США. К сожалению, эти события также привели к значительным человеческим жертвам» [13].

Последствия глобального потепления в большей или меньшей степени затрагивают весь земной шар. Упомянутые выше ученые в своих исследованиях прогнозируют повышение средней глобальной температуры на 1-1,5°C к 2025-2050 годам. В этом случае, по нашему мнению,

- интенсивность волн жары станет более частой, продолжительной и интенсивной;

- ледники будут таять, способствуя повышению уровня воды в реках и морях;

- повышение уровня моря заставит население во многих местах изменить направление своей жизни. Например, могут быть утрачены береговые линии, что поставит под угрозу все прибрежные популяции;

- изменятся компоненты экосистемы: растения, более устойчивые к жаре и засухе, заменят менее устойчивые растения, а

животные быстро вымрут;

- продукты питания могут подорожать. Растения, включая фрукты, рост и развитие которых зависят от климата, будет сложнее выращивать и процветать в условиях меняющегося климата.

Выводы

1. Изменения климата, происходивших в разные эпохи имели спорадический характер и коснулись ряда территорий.
2. В Таджикистане сформировалось несколько типов климата и изменения в них не могут объяснены однозначно, а последствия от них затронули все большие территории.

Литература

1. Курбон, Н. Проблемы изменения климата: взгляды на причины, последствия и подходы к адаптации / Номвар Курбон. – Душанбе: Дониш, 2025. – 260 с. (на тадж. яз.).
2. Вегенер, А. Термодинамика атмосферы/ А.Вегенер. – М.: Гл. ред. общ.-тех. лит., 1935. – 246 с.
3. Рахимов, О.Д. Влияние вертикальной зональности на климат горных экосистем Северного Таджикистана / О.Д. Рахимов // Ледники Таджикистана и вопросы их охраны в условиях изменения климата: Материалы республиканской научно-практической конференции. – Худжанд, 2023. – С.308-313.
4. Курбонов, Н. Б. К вопросу изменения климата Таджикистана в условиях глобального потепления / Н.Б. Курбонов // Вестник Педагогического университета. Естественные науки. – 2022. – №3(15). – С.22-31. – EDN QQFYLB
5. Коновалов, В.Г. Пространственная экстраполяция и изменчивость характеристик климата на территории Центральной Азии / В.Г. Коновалов// Изв. АН России, серия географическая. – 2003. – №5. – 348 с.
6. Израэль Ю.А. Антропогенные изменения климата/ Ю.А. Израэль, М.И. Будыко. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 406 с.
7. Рахимов, О.Д. Горные экосистемы Северного Таджикистана и их уязвимость к антропогенным воздействиям / О.Д. Рахимов // Ученые записки ХГУ им. академика Б.Гафурова. Серия естественных и экономических наук. 2025. – №4(75). – С.79-83.
8. Y. Lu, X.-Q. Zhou, O. Gühne, W.-B. Gao, J. Zhang, Z.-S. Yuan, A. Goebel, T. Yang and J.-W. Pan, Experimental entanglement of six photons in graph states, Nature Physics 3, 91-95 (2007)
9. Мухаббатова Х.М. Проблемы природопользования в горных регионах Таджикистана. / Х.М. Мухаббатова. – Душанбе: Дониш, 2015. – 565 с.
10. Турдиев, Т.М. Природа ледников Таджикистана и перспективы локализации их деградации / Т.М. Турдиев. – Худжанд: Нури маърифат. – 2025. – 152 с.
11. Влияние глобального изменения климата на адаптацию сельскохозяйственных работ в горных районах Таджикистана / Н.К. Носиров, С.О. Мирзохонова, З.У. Эшонкулова, Н.Б. Курбонов // Водные ресурсы, энергетика и экология. – 2021. – Т.1. – №3. – С.64-68. – EDN BZMNZB.
12. Қодиров, А.А. Ҷанбаҳои илмӣ пешгӯӣҳои тағйирёбии муҳити табиӣ-иқлимӣ ва таъсири онҳо ба потенциали захиравӣ (дар мисоли Тоҷикистони Шимоли) / А.А. Қодиров, Н.Н. Дадобоева // Номаи донишгоҳ (силилаи илмҳои табиатшиносӣ ва иқтисодӣ). – 2022. – №1 (60). – С.72-76.
13. Курбон, Н. Метеоролого-экологическая оценка глобальных инициатив Лидера нации в области воды и климата / Номвар Курбон. – Душанбе, 2026. – 140 с. (на тадж. яз.).

ТАЪСИРИ ТАҒЙИРЁБИИ ГЛОБАЛӢ ВА МИНТАҚАВИИ ИҚЛИМ БА МИНТАҚАИ ТАБИИИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

Рахимзода О.Д.¹, Муртазаев У.И.^{2,*}

¹Донишгоҳи давлатии Хучанд ба номи академик Б.Гафуров

²Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С.Айнӣ

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

Шарҳи мухтасар. Дар мақола самтҳои глобалӣ ва минтақавии тағйирёбии иқлим, омӯзиши таъсири иқлим ва омилҳои иқлимҳосилкунанда дар Тоҷикистон, ҷанбаҳои илмӣ тағйирёбии муҳити табиӣ - иқлимӣ ва таъсири онҳо ба ҷузъҳои муҳити табиӣ Тоҷикистон арзёбӣ шудааст. Ҳамчунин оқибат ва хатарҳои гармиашии иқлим, таъсири он ба экосистемаҳои кӯҳӣ, тамоюлҳои тағйирёбии иқлим дар шароити

Тоҷикистон, мушкилоти биёбоншавӣ дар экосистемаҳои кӯҳӣ, офатҳои табиӣ ва оқибатҳои хатарноки он, аз ҷумла зиёд шудани сел ва обхезӣ, ба вуқӯъ омадани тарма, ярч, аз ҳад зиёд шудани гармӣ ва хунукӣ, кам шудани захираҳои барф дар ҳудуди ҷумҳурӣ, паст шудани ҳосилнокии маҳсулотҳои кишоварзӣ, хушк шудани зироатҳои киштишуда, сафолакбандии заминҳо, зиёд гардидани талабот ба об таҳлил ва баррасӣ шудааст. Муаллифи мақола назария ва андешаҳои олимони зиёдро бобати сабабҳои гармиавии иқлим омӯхта, фарзияҳои асосиро гирд овардааст. Вобаста ба мушкилоти зикришуда қӯиши намудааст, ки шароити табиӣ – географии Ҷумҳурии Тоҷикистонро таҳлил карда, андешаҳои илмӣ худро пешниҳод намояд.

Калидвожаҳо: тағйирёбии глобалӣ ва минтақавии иқлим, муҳити табиӣ Тоҷикистон, тағйирёбии шароитҳои иқлимӣ, нишондиҳандаи миёнаи воҳидҳои метеорологӣ, тағйирёбии гардиши умумии ҳавои атмосфера, таъсири антропогенӣ ба муҳити табиӣ, вайроншавии пардаи озонӣ, қараёни вайроншавии яхбандӣ, баландшавии сатҳи оби баҳру уқёнусҳо, хатари офатҳои табиӣ.

IMPACT OF GLOBAL AND REGIONAL CLIMATE CHANGE ON THE NATURAL ZONE OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Rahimzoda O.D.¹, Murtazaev U.I.^{2,*}

¹*Khujand State University named after Academician B. Gafurov*

²*Tajik State Pedagogical University named after S. Ayni*

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

Abstract. *The article assesses global and regional trends in climate change, study and description of climate and climate-forming factors in Tajikistan, scientific aspects of changes in the natural environment - climate and their impact on components of the natural environment of Tajikistan. The consequences and dangers of climate warming, its impact on mountain ecosystems, climate change trends in Tajikistan, the problems of desertification in mountain ecosystems, natural disasters and their dangerous consequences, including increased mudflows and floods, avalanches, landslides, excessive heat and cold, reduced snow reserves in the republic, reduced agricultural productivity, drying out of cultivated crops, soil compaction, and increased demand for water, are also analyzed and discussed. The author of the article has studied the theories and ideas of many scientists regarding the causes of climate warming and has compiled the main hypotheses. In connection with the above problems, he has tried to analyze the natural and geographical conditions of the Republic of Tajikistan and present his scientific ideas.*

Keywords: *global and regional climate change, natural environment of Tajikistan, change in climatic conditions, average indicator of meteorological units, change in general atmospheric circulation, anthropogenic impact on the natural environment, ozone layer depletion, process of ice sheet destruction, sea level rise, risk of natural disasters.*

Маълумот онд ба муаллиф: Раҳимзода Озод Даврон – докторанти (PhD) кафедраи географияи табиӣ Донишгоҳи давлатии Хучанд ба номи академик Б. Гафуров; Муртазаев Уктам Исмамович – доктори илмҳои география, профессори кафедраи географияи табиӣ Донишгоҳи давлатии омӯзгорӣ Тоҷикистон ба номи С. Айни, Телефон: (+992) 919-05-60-10; E-mail: shoista_g_buh@mail.ru.

Сведения об авторах: Раҳимзода Озод Даврон – докторант (PhD) кафедры физической географии ХГУ им. академика Б. Гафурова; Муртазаев Уктам Исмамович – доктор географических наук, профессор кафедры физической географии Таджикского государственного педагогического университета им. С.Айни, Телефон: (+992) 919-05-60-10; E-mail: shoista_g_buh@mail.ru.

Information about the authors: Rahimzoda Ozod Davron – PhD student at the Department of Physical Geography of Khakassia State University named after Academician B.Gafurov; Murtazaev Uktam Ismatovich – Doctor of Geographical Sciences, Professor at the Department of Physical Geography of the Tajik State Pedagogical University named after S.Ayni, Phone: (+992) 919-05-60-10; E-mail: shoista_g_buh@mail.ru.

УДК 911.2:556.53 (575.3)

**ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ
ЗНАЧЕНИЕ РЕКИ ВАРЗОБ И ЕЕ ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНОСТЕЙ****Бегматов З.Р.^{1,*}**¹Академия государственного управления при Президенте Республики Таджикистан

*Автор корреспонденции. E-mail: zuhurdzonbegmatov@gmail.com

Аннотация. В статье представлена информация о природно-географических особенностях бассейна реки Варзоб, некоторых ее притоках, достопримечательностях, а также расположенных здесь туристско-рекреационных и развлекательных объектах. Автор на основе статистических данных провёл экономико-географическую оценку природных ресурсов бассейна реки Варзоб и предложил пути их эффективному использованию. Экономическое значение водных ресурсов данной территории оценивается путём развития санаторно-курортного комплекса. Среди других природно-географических зон Таджикистана особое место занимает Варзобская зона с мощным туристско-рекреационным потенциалом. Также приведены конкретные научные данные о географическом положении бассейна реки Варзоб, прилегающих к ней природных зонах, их административных и природных границах и территориях, климатических и орографических особенностях, в т.ч. о питании, объеме, размерах и стоке ее притоков, водно-погодных условиях и их природных особенностях, флоре и фауне, населении региона. Особое внимание уделено возможностям и объектам развития туризма, отдыха и культуры и развлечений в регионе, целебным источникам, гидроэнергетическому потенциалу ГЭС, ледникам, естественным озерам и водопадам, водохранилищам, каналам, а также возможностям водоснабжения и орошения сельскохозяйственных территорий региона в условиях изменения климата.

Ключевые слова: река Варзоб, приток, достопримечательность, туризм и отдых, погода и климат, орография, целебные источники, гидроэнергетический потенциал, озера, водопад, водохранилище, канал, водоснабжение, орошение сельскохозяйственных угодий.

Введение

Краткое описание бассейна реки Варзоб. Месторасположение Варзобского района, на севере соседствует с районами углубления речной долины Зерафшан, разместившийся на севере обрывов Гиссарского хребта (посёлки Анзоб, Такфон), на востоке – с ущельем Ромит, на юг – востоке с посёлком Рохати и городом Вахдат. В водоёме реки размещен г. Душанбе, столица Республики Таджикистан и правительственные районы: Рудаки, Варзоб, в которых живут свыше более 1,5 млн. жителей. Река Варзоб является одним из наиболее лавинно и селеопасных точек, в республике Таджикистан. В свое время сели смыли транспортную дорогу, переулки, жилые дома, а в верхней части разрушили все мосты и тропы. Поэтому

сели, образующиеся в бассейне р. Варзоб, наносят сельскому хозяйству крупный экономический, животноводческий и человеческий урон [1-2].

Климатология, гидрология и экология бассейна реки Варзоб. Река Варзоб и его впадающие малые реки, и истоки притоки относятся к водотокам со снежоледниковым и дождевым питанием. Ход уровней воды в ней зависит от хода температур воздуха, интенсивности таяния снегов весной и ледников летом.

Согласно [3-6], из-за колебания климата температура воздуха поднялась на 0,82°C в Хушёр, на 1,58°C в г. Душанбе и на 1,6°C на территории Майхуры. Численность осадков на территории Майхуры уменьшилось до -8%.

В нижнем течении расход воды в среднем составляет 45,9 м³/с, макс. 61,3 м³/с, мин. 31,5 м³/с [7-8]. Половодье с конца февраля до октября увеличиваться, максимальный сток наблюдается в июне. По данным [9-10], минерализация реки составляет 100-260 мг/л. На юге, недалеко от города Душанбе, Варзоб соединяясь с мелководной рекой Лучоб пересекает город, разделяя его на две части и названа рекой Душанбинка. В нижнем своём течении, река Варзоб, уже под названием Душанбинка, выходит на просторную широкую равнину, на которой расположен привлекательный город Душанбе, а ниже, заходе западнее столицы, справа вливается в реку Кафирниган. Длина реки Варзоб - от её начала до выхода на равнину составляет 72 км [3-10]. Разница высот от образования реки до её устья – близко к 1,6 км.

Таким образом, необыкновенность климата и природное богатство, флоры и фауны Варзобского ущелья, заманивали сюда туристов из разных стран и группы экспедиторов изучающих мест обитания «снежного человека». Но до сих пор местные жители, альпинисты и туристы со «снежным человеком» не встречались. Поэтому, Варзобское ущелье руководством Таджикистана объявлено местом для отдыха и туризма. Здесь идет строительство объектов туристического комплекса [11].

По данным [12-13], на реке построен каскад из 3-х ГЭС, самая огромная из которых – Варзобская ГЭС-1 (Верхнее – Варзобская). Вдоль реки, в Варзобском ущелье расположены многочисленные секторы отдыха. На 40-ом километре расположена летняя Президентская резиденция – Пугуз. В Варзобском ущелье имеются горячие источники. Один из них находится в санатории Ходжа - Обигарм. Санаторий принимают отдыхающих и больных, которые приходят на лечение круглый год, с целью отдыха и восстановления организма. В 12 километрах от Ду-

шанбе размешено Варзобское озеро (сейчас Душанбинское озеро) - искусственный пруд, созданный специально для отдыха подрастающей молодёжи и жителей вокруг Варзобского ущелья. В 2019 году зона вокруг озера была реставрирована и рядом с озером был возведён самый большой в ЦА аквапарк.

В водах реки Варзоб водятся мелкие рачки, а из рыбы – Маринки и Бычки, старожилами не раз наблюдалось, что в водах Душанбинки ранее водились речные форели, но позднее, в связи с постройкой жилых комплексов, строительством дамб против селей, водозаборов и ухудшения экологии, из - за сброса коммунальных сточных вод городской канализации, конструирование комплексов и домов отдыха, Душанбинской ТЭЦ, форель в Душанбинке вымерла. Прежде вода реки употреблялась в качестве питьевой воды в большей части города, а сейчас малая часть пользуется им.

Река берёт свое начало со склон Гиссарского хребта, образуется путём соединения, слияния ряда приточных рек у северного склона. Река Майхура, правая сторона реки, составляющая р. Варзоб, вытекает из ледника № 175- и длиной 23 км, которая размещена в Гиссарских горах. Так же р. Зидди, оледенение которого сосредоточено на северном склоне Гиссарского горного обрыва, куда падение солнечных лучей слабее. Ниже устья р. Майхура, справа р. Варзоб впадает р. Сиама, бассейн которого имеет красивый растительный и животный мир, развитое оледенение. Еще ниже, вниз по течению с права и с слева в р. Варзоб впадают реки-ручьи, которые со своей красотой привлекают к себе людей, а вблизи г. Душанбе справа втекает р. Лучоб, но её водоём расположен низко и содержит незначительное обморожение [5-10].

В целом река Варзоб питается из нескольких рек (таблица 1), с правого и левого склонов Гиссарского хребта.

Таблица 1. Притоки реки Варзоб

№	Название рек	Длина рек, км	Притоки
1.	Майхура	71	Правый
2.	Лучоб	11,8	Правый
3.	Гурке	47	Правый
4.	Сиама	63	Правый
5.	Курорсиди	51	Левый
6.	Такоб	46	Левый
7.	Оджук	36	Левый
8.	Дарайкулол	32	Левый
9.	Харангон	23	Левый

Согласно [10], на р. Варзоб имеются следующие достопримечательности и рекреационные объекты: недалеко от города Душанбе, с правой стороны ущелья реки Варзоб, ниспадает бурный поток Гусгарф, красивейшее место в Гиссарских горах. В глубине ущелья находится широкое поле с водопадом и великими многолетними чинарами. Это привлекательное место для отдыха. Быстрая река, пропилила за столетия вертикальную скальную стену и падает с 30-ти метровой высоты. Водяная масса рассыпается внизу на миллиарды капель, многокрасочно разноцветно сверкающих на солнце. Пешеходная тропа к водопаду начало которого с 21 километра Варзобского ущелья. До водопада два-три часа ходьбы (около 8 км). Апрель-сентябрь – это подходящее время для отдыха местных жителей, приезжающих на отдых и туристов. В тот же время на склонах гор много прекрасных цветов, красных тюльпанов, цветёт шиповник, кустарники и разнотипные растения. Любители острых ощущений могут испытать себя в неповторимых водных процедурах. Это достаточно глубокая круглая ванна с ледяной водой, мельчайшей водяной пылью от водопада и с мощной струёй воды, способной сбить с ног. Следует отметить, что кроме водопада Гусгарф пользуется большой популярностью ущелья рр. Кондара, Сиама, Оджук, Майхура и Такоб, вливающиеся в реку Варзоб. Все эти уще-

лья удивляют людей особенной неповторимой красотой.

Склоны ущелья Оджук (25 км от Душанбе), устремляются к северо-востоку на десятки километров в глубь гор от селение Варзоб, окруженный виноградниками, яблоневыми и алычовыми деревьями, особенности ущелья – это множественное количество деревьев, особенно - чинары. Своё название ущелье приобрела от притока Оджук, вливающаяся в реку Варзоб. От пеших прогулок по ущелью Оджук можно получить огромное удовольствие. Климат здесь приемлемый, умеренный, мягкий и благоприятный. Река богата прудами, в которых можно купаться, загорать на песчаных пляжах и принять солнечные ванны.

Ущелье Кондара (31-й км от Душанбе), охраняемый заповедник, оно сохранило особенность флоры и фауны. В створе ущелья, на выходе ущелья Варзоб, расположен Ботанический сад Национальной академии наук Таджикистана (НАНТ). Оно было сформировано в конце тридцатых годов прошлого века. Само ущелье являлось как бы большой, естественной лабораторией Института ботаники, генетики и физиологии растений НАНТ. Работники института посадили в ущелье разнообразные виды древесных, кустарниковых, зеленых травянистых растений, выращивали и наблюдали за акклиматизацией и произрастанием в неровных гор-

ных условиях. Её площадь небольшое, но здесь растёт почти десятая часть цветочных флор стран СНГ.

Сооружался водоем уже не кетменями и лопатами, как когда-то Комсомольское озеро в Душанбе, а бульдозерами и экскаваторами. Все работы на строительстве выполнялись методом народного хашара, в котором многие жители этой местности, этого региона принимали участие. По данным [11], территория Варзобского озера по объёму площади вдвое меньше Молодёжного озера города Душанбе, всего двенадцать гектаров, он оно достаточно глубже и чище. Здесь была применена естественная ступенчатая отчистка воды. Построены два пруда – отстойника, где варзобская вода осветлялась и очищалась от мути и только потом поступала в озеро. Вода в водоёме время от времени очищалась и очищается в наши дни. Берег озера были засажены дубами, тополями, чинарами, туркестанскими кленами и др.

Здесь же были расположены лодочная и спасательная станция с причалами, пляжем, кафе и ресторанами, театральными площадками, спортивными объектами, физкультурными комплексами, спортивной площадкой, детскими и семейными аттракционами. На пляже установили пляжные кабинки, беседки и тентовые павильоны, где отдыхающие проводили время в комфортных, хороших условиях. По всей территории озера было проведено освещение, поставлены скамейки, построен автобусный терминал, остановка и открыт автобусный маршрут. Для любителей катания на лодках было приготовлено 25 шлюпок и десять моторных катеров и лодок. Официальное открытого доступа Варзобского озера, первый купальный сезон, сезон водных развлечений и купания состоялось 8 августа 1960 года. Большинство населения этого региона с нетерпением ждали этого дня. Вход в озеро в советские годы было свободный и бесплатным, оно никогда не огоражи-

валось, Варзобское озеро так же многие годы было излюбленным местом отдыха для населения этого региона, с рассвета до заката душанбинцы спасались от летней жары, купались, отдыхали, катались на лодках, загорали, развлекались и провели великолепное время.

Необходимо отметить, что сегодня Кули Душанбе, так переименовали искусственный водоем, доступно лишь тем, у кого есть возможность, потому что вход на его территорию стал платным, но несмотря на это, люди приходят чтобы отдохнуть и искупаться.

Гидролого-географическая характеристика водных артерий бассейна реки Варзоб. Водный обзор и размещение курортных комплексов, зон отдыха, рекреационных объектов на притоках р. Варзоб следующее:

- Река Такоб боковой приток, реки Варзоб. Её длина – 20 км. Площадь водосбора - 242 км². Количество притоков, протяжённостью менее 10 км - 43, их общая длина составляет 81 км [5-8]. Средневзвешенная высота сбора воды-3140 м.

Такоб расположен приблизительно в 38 километрах от реки Душанбе образуется слиянием рр. Туйкуталь и Вармоник. В верховьях Такоба, на высоте 2200 м. абс. разместилась волнистое, плато Сафед-Дара. Снежная долина – центр горнолыжного спорта в республике Таджикистан. С семидесятых годах XX века плато полюбили горнолыжники и по сегодняшний день горнолыжники разных регионов приезжают сюда чтобы прокатиться. Здесь была открыта детская горнолыжная школа олимпийского запаса. Жилой комплекс включал в себя четырёхэтажный дом (где располагалась сама школа и гостиница) и множество жилых вагончиков, принадлежащих различным компаниям, которые любят кататься на горных лыжах. В настоящее время всей инфраструктуре требуется модернизации или возобновление реконструкция, по ми-

ровым стандартам.

Семь месяцев в году на горах лежит снег, который выпадает в начале ноября, а иногда и в конце октября и сохраняется до мая. Зимой часто прозрачная, ясная, благоприятная, спокойная, безветренная погода, много морозного солнца. Имеются две канатные буксировочные дороги длиной около километра, они поднимают спортсменов, стоящих на лыжах. В лыжный сезон, в нерабочие дни, во время зимних школьных каникул посетителей и любителей лыжной дорожки, становится больше и больше. Лыжи можно взять на аренду, напрокат. Дойти до плато выгоднее всего на внедорожнике.

Согласно [3], на 42-м километровое расстояние от Душанбе, за кишлаком Гушара влево бегущий дорога, на курорт Ходжа-Обигарм (1790-1960 м. абс.). С шоссе рекреационный центр не виден, 6 километров подъёма по автомобильной дороге. В 70-х годах прошедшего столетия здесь был передано в эксплуатацию огромный курортный комплекс, состоящий из трёх гигантских зданий, корпуса на 10, 6 и 4 этажей. Они имели и имеют все современные условия для проживания, результативного лечения. Окружающая природа прекрасна и живописна. Комплекс спланирован архитекторами из Франции. У них получилось органично соотнести его в окружающий вид. Здания не только сохраняют гармонию природы, а еще больше подчеркивают изящество вершин, склонов, на фоне которых они расположены.

Основное исцеляющее средство на курорте – минеральная вода, слабоминерализованный азотно-кремнистый сульфатно-гидрокарбонатно-натриево-кальциевого состава с температурой от + 45 до + 96°C, используется для ванн и паровых процедур [9-10, 14]. В каждом литре воды имеется до полграмма растворённых солей. Горячие минеральные источники Ходжа-Обигарма известны с давних

времен. Они выходят из зоны разлома и трещин в гранитах красного оттенка. На территории 400 м находятся почти 40 источников. В 7-ми из них пробурены, скважины. Близкие по содержанию к здешним водам находятся лишь во Франции, в местечке Шамони.

Другим мощным полезным ресурсом курорта является высокотермальная (+92°C) паровоздушная смесь с содержанием различных полезных элементов [9-10, 14]. Ещё в 30-х годах прошлого века лечение радоновым паром здесь проходило подобным образом: в земле, рядом с большим камнем, имеется закрытое сверху углубление, в которое входит человек. Получалось нечто вроде погреба, в котором собирались горячие пары минеральной воды, выходящие из трещин земных глубин. Пациенты раздевались, входили в яму, прокрывались и сверху ещё укутывали овечьим тулупом. После нескольких минут нахождения в этой своеобразной парильне больной выходил наружу и укутывался тёплым одеялом. Эту процедуру можно принимать два-три раза в день.

Сейчас лечение проводится под приглядом и наблюдением квалифицированного медицинского персонала. На курорте лечатся от подагры, болезней суставов, мышц, воспаления разных органов, периферической нервной системы и гинекологических заболеваний. В то же время, немаловажный лечебный фактор – горный климат, с умеренно-жарким летом, снежной, но без заморозков зимой, сухим атмосферным воздухом. На территории курорта растёт более 30 видов лекарственных растений, которые широко употребляются с древних времён в медицине и в народе.

Примерно в 200 метрах выше курорта раскинулось плато Руидашт, известное среди местных лыжников. Оно растянуто на несколько десятков километров на высоте 2200-2500 м. абс. Плато очень удобно для занятий горными лыжами, но оно не

имеет нужной для этих целей инфраструктуры и зимой его используют только энтузиасты.

- Река Сиама – правый приток реки Варзоба. Длина - 21 км. Площадь водосбора - 176 км². Количество рек длиной менее 10 км, расположенных в бассейне Сиама - 46, их общая длина составляет 86 км. На всемирном конкурсе питьевых вод, проведённом в 2001 году в США, вода из реки Сиама была включена в десятку лучших вод мира. Река Сиама (54 км от Душанбе) известна голубой, кристально чистой водой, своими дикими яблонями, шиповником, берёзовыми рощами и смородиновыми кустами, которые осенью приносят обильные плоды. В весенние-осенние сезоны многие жители этого и дальних регионов добираются вдоль реки Сиамы на отдых и довольствуются природным богатством. Голубая река берёт свои истоки на высоте 3300 м. абс. из ледника Медвежий Замок и на протяжении своего 21-километрового течения буквально соверша-

ет прыжок вниз на более чем две тысячи метров. Весь её путь - сплошные пороги и водопады. В самый жаркий день вода в Сиаме леденистая, всегда прозрачная и чистая. (не более 4 градусов Цельсия). Даже в период весенних паводков, когда вода в Варзобе тёмно-коричневого цвета от несущейся глины, гальки и камней, Сиама все такая же удивительно синеголубая, чистая и прозрачная. Несколько десятков метров после слияния Сиамы и Варзоба, обе реки текут в одном русле, но как будто бы отдельно друг от друга, пока воды их не перемешается окончательно.

В верховья Сиамы и её притоков поднимаются ввысь несколько вершин высотой около четырёх тысяч метров (пик абс. и другие), представляющих интерес для альпинистов. Здесь есть высоты на все вкусы. На отдельные могут взойти и начинающие альпинисты, не имеющие большого опыта, а покорение самых сложных пиков доступно только ассам, имеющим большой стаж горных восхождений.

Таблица 2. Вершины бассейна реки Варзоб.

№	Вершины	Высота	Единица
1.	Широкая	4180	Метр
2.	Сиёх	4065	Метр
3.	Четырёх	4050	Метр
4.	Джавонон	4200	Метр
5.	Большой Игизак	4100	Метр

Местечко Харамкуль, что на высоте около 3000 метров в верховьях другого притока Варзоба - Майхуры, является полюсом холода в окрестностях Душанбе. Градус воды в реке, даже летом, редко превышает пяти градусов. Пожалуй, это самое снеголавинное место в республике. Сходят лавины с ноября по апрель. Здесь выпадает около 2000 тысяч миллиметров осадков в год, это почти втрое больше, чем в Душанбе. Зимой высота снежного слоя достигает пяти метров – высотой с двухэтажного дома. Другой достопримечательностью ущелья Майхуры явля-

ется шестикилометровый туннель Анзоб сквозь толщу гор, который позволяет круглогодично пользоваться автомобильной дорогой Душанбе-Ходжент, связывающей центр и север республики [3].

За поселком Зидди, примерно с 74-го километра от Душанбе, начинаются затяжные 20-километровые серпантины автомобильной дороги, огромными петлями ведущие к Анзобскому перевалу, высота которого 3372 м. абс. Анзобский перевал – это седловина в гребне хребта с небольшой ровной площадкой. Перепад высот между началом подъёма и пе-

ревалом более 1 400 метров. Весь путь на перевал автомашины, идущие от посёлка Зидди, преодолевают за час-полтора. С перевала открывается живописный чудесный вид на горы Кухистана. Прямо на севере, на Зеравшанском хребте, видна вершина - пик Анзоб (4525 м), под которым виднеется долина реки Ягноб. Восточнее видны снежные вершины горного массива Замин Карор. На перевале уже много лет действует гидрометеорологическая станция. Как правило, здесь всегда ветрено и холодно. Даже летом, при ясной погоде можно кататься на лыжах. В летнее время на склонах перевала встречаются пасеки, где можно купить замечательный, чистый душистый горный мёд.

В 16 км к северо-востоку от посёлка Зидды, на высоте 3030 м. абс. расположены углекислые ледяные минеральные источники Ходжа Сангхок. Минеральная вода вытекает из трещин палеозойских кристаллических сланцев несколькими восходящими струями, как бы кипит от интенсивного выделения углекислого газа. Она напоминает по вкусу нарзан и известна жителям столицы как минеральная вода «Анзоб». К источникам ведёт просёлочная дорога, на которую нужно взять вправо (если ехать из Душанбе), после нескольких километров подъёма по основной автотрассе, ведущей на перевал Анзоб. Ещё несколько минеральных источников можно осмотреть около основной автотрассы спустившись примерно на восемь километров с вершины перевала (если ехать из Душанбе). Небольшой, обустроенный камнями, источник находится у дороги [3]

- Майхура, с длиной 23 км и площадью бассейна 164 км² -правая составляющая реки Варзоб (бассейн Кафирнигана). Количество притоков, имеющих длину менее 10 км, стекающих в бассейн Майхура - 164, их общая длина составляет 79 км. В основном река протекает с запада на восток вдоль южного склона Гиссарского

хребта, сливаясь с рекой Зидди на высоте 1919 м. абс. в районе автодороги Душанбе-Чанак [3].

- Лучоб – боковой приток реки Варзоб (бассейн Кафирнигана). В устьевой части течет через Душанбе. Длина -42 км. Площадь водосбора -225 км². Средневзвешенная высота водосбора -2110 м. абс. Среднесуточный расход воды -44,4 м³/с. Свое начало река берёт на склонах Гиссарского хребта на высоте 2087,4 м. абс. Количество рек протяжённостью менее 10 км, расположенных в бассейне Лучоб 104, их общая длина составляет 158 км. Месяц с наибольшим объемом стоков – май 12 % от годового стока приходится на период с июля по сентябрь.

- Харангон – левый приток реки Варзоб (водоем Кафарниган). Длина - 20 км. Площадь водосбора - 73,4 км². Количество притоков протяжённостью менее 10 км в аквариум Харангон – 31 км, их протяженность составляет 46 км. Средневзвешенная высота водосбора – 2060 м. абс. Месяц с наибольшим стоком - апрель. 10 % от годового стока приходится на период с июля по сентябрь [5-8].

- Оджук - левый приток реки Варзоб (бассейн Кафирнигана). Длина -19 км. Площадь водосбора - 77,8 км². Количество притоков на протяжении менее 10 км в бассейне Оджук - 40, их общая длина составляет 69 км. Средневзвешенная высота водосбора - 2350 м. абс. Месяц с наибольшим стоком - май. 15 % от годового стока приходится на период с июля по сентябрь [5-8].

- Гурке - правый приток реки Варзоб, впадающий в него в 47 км от устья (бассейн Кафирнигана). Длина -16 км. Водосборная площадь 52,4 км². Средневзвешенная высота водосбора -2500 м. Средний суточный расход воды - 17,0 м³/с. Свой исток река берёт с высоты 2180,3 м. абс. В этот район притекает множество притоков, формирующие своё начало на высотах более 2500 м. абс. благодаря тая-

нью ледника Найзагба на севере. В верхнем течении русло реки направлено с запада на восток.

Обсуждение результатов

Река местами крутая особенно в начале среднего течения и ближе к концу нижнего. В среднем и нижнем течении направление реки в основном юго-восточное и она протекает большей частью в узком ущелье. Больших притоков не имеет. Все притоки протяжённостью менее 10 км. Населённых пунктов в бассейне Гурке нет, кроме устьевой части, где река пересекает посёлок Пугус и впадает в реку Варзоб. Здесь же расположена пригородная резиденция правительства Таджикистана с образовательным центром «Пугус», здесь перекинут автомобильный мост, соединяющий оба берега в северо-западной части посёлка. Напротив устья через реку Варзоб, протекает автодорога Душанбе-Чанак, связывающая южные регионы страны с Согдийской областью.

По данным [5-8], длина реки составляет 16 км, общая площадь водосбора 52,4 км², у кишлака Пугус - 51,4 км². Среднесуточный расход воды в среднем за двадцать лет наблюдения составил 17,0 м³/с. Максимально зафиксированный среднесуточный расход – 38,3 м³/с, минимальный – 7,28 м³/с. В период межени средняя величина стока составляет 11,3 л/с на км², средний слой стока – 289 мм. Средняя продолжительность сухого сезона (межени) - 199 сутки/год. Средние даты начала безводья 7 августа, конец - 23 февраля.

Количество рек протяжённостью менее 10 км расположенных в бассейне Гурке – 15, их протяжённость составляет 26 км. Месяц с наименьшим стоком - май. 17 % от годового стока приходится на период с июля по сентябрь. Вид питания преимущественно снеговой.

Выводы

В заключение следует отметить, что орографические, погодные и климатические условия, а также природа и природ-

ные ресурсы бассейна реки Варзоб создали возможности не только для развития туризма и рекреации, но и для развития экономики, энергетики и промышленности.

Литература

1. Нуралиев, К. Водные ресурсы Таджикистана: инициативы, ситуация и перспективы / К. Нуралиев, М. Абдусаматов, Р.Б. Латипов. – Душанбе, 2011. – 224 с.
2. Селевая опасность бассейна р. Варзоб (Таджикистан) / А.Р. Фазылов, Д.Б. Ниязов, М.С. Саидов, Е.А. Таланов // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: труды 5-й Международной конференции, Тбилиси, Грузия, 01-05 октября 2018 года. – С.619-623.
3. Влияние рельефа на формирование местного микроклимата (на примере южного склона Гиссарского хребта) / Н.Б. Курбон, О.Ш. Маджидов, Ф.Д. Шарифов, С.О. Мирзохонова // Устойчивое развитие горных территорий. – 2024. – Т.16. – №4(62). – С.1849-1861. – DOI 10.21177/1998-4502-2024-16-4-1849-1861. – EDN PTMYQM.
4. Кариева, Ф.А. Климатические особенности верхней и средней части ущелья реки Варзоб / Ф.А. Кариева, Д. Халилов, Н.Б. Курбон // Водные ресурсы, энергетика и экология. – 2024. – Т.4. – №3. – С.37-44. – EDN AXDZDT.
5. Норматов, И.Ш. Метеорологические условия и их сезонное распределение в ущелье Гушары бассейна реки Варзоб (Таджикистан) / И.Ш. Норматов, Г.Н. Сабурова // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2024. – №1. – С. 65-71.
6. Пространственное распределение осадков по климатическим зонам бассейна реки Варзоб / М.Ш. Гулаёзов, З.В. Кобули, Л. Яоминг, А.С. Кодиров // Вестник Педагогического университета. – 2021. – №1. – С. 207-212.
7. Ниязов, Д.Б. Динамика стока реки Варзоб в условиях глобального изменения климата / Д.Б. Ниязов, С.О. Мирзохонова // Известия АН Республики Таджикистан. Отд. физ.-мат., хим., геол. и тех. н. – 2020. – №2 (179). – С.113-122.
8. Ниязов, Д.Б. Динамика стока и прогноз половодья на реке Варзоб по данным наземных наблюдений / Д.Б. Ниязов, О.Ю. Калашникова // Гидрометеорология и экология. – 2020. – №1(96). – С.163-175.
9. Сезонные изменения состава воды в притоках реки Кафирниган / М.Р. Боев, Ф.И. Шоймуродов, Ф.Д. Шарифов, Н.Б. Курбон // Водные ресурсы, энергетика и экология. – 2025. – Т.5.

- №1. – С.123-131. – EDN ZYKHEM (на тадж. яз.).
10. Анализ физико-химических свойств воды на примере бассейна реки Кафирниган / М.Р. Боев, Н.Б. Курбон, А.У. Нуров, Ф.Д. Шарифов // Водные ресурсы, энергетика и экология. – 2025. – Т.5. – №4. – С.129-137. – EDN YRVSSC (на тадж. яз.).
 11. Курбонов, Н.Б. Возможности развития экологического туризма в горных районах Таджикистана / Н.Б. Курбонов, З.О. Нормамедова // Важность развития внутреннего туризма: материалы республиканской научно-практической конференции. – Душанбе, 11 февраля 2017 г. – С. 145–152.
 12. Повышение безопасности гидротехнических сооружений. Часть 2. На примере водохранилища Нурекской ГЭС на реке Вахш / С.А. Гарилина, С.К. Давлатшоев, К.П. Латышенко, Ш.К. Обиджони, Н.Б. Курбонов. – Академия гражданской защиты МЧС России, 2021. – 192 с.
 13. Курбонализода, С.Ш. Водно-энергетический потенциал и гидроэнергетические характеристики реки Варзоб / С.Ш. Курбонализода, А.А. Гулахмадов, З.В. Кобулиев // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. – 2019. – №1 (45). – С.56-62.
 14. Анализ редкоземельных элементов в состав вод бассейна реки Кафирниган / Н.Б. Курбон, М.Р. Боев, Ф.И. Шоймуродов, Ф.Д. Шарифов // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия естественных наук. – 2025. – №2-4 (141). – С.170-174. – EDN QGTWMB (на тадж. яз.).

ТАВСИФОТИ ТАБИИЮ ГЕОГРАФИ ВА АҲАМИЯТИ ИҚТИСОДИИ ДАРӢИ ВАРЗОБ ВА ЁДГОРИҲОИ ОН

Бегматов З.Р.^{1,*}

¹Академияи идоракунии давлатии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон

*Муаллифи маъсул. E-mail: zuhurdzonbegmatov@gmail.com

Шарҳи мухтасар. Дар ин мақола маълумот дар бораи хусусиятҳои табию географии ҳавзаи дарёи Варзоб, баъзе шохобҳои он, ҷойҳои тамошобоб ва иштироки сайёҳӣ, рекреатсионӣ фароғатӣ дар он ҷо ҷойгиришуда пешниҳод карда мешавад. Муаллиф бо истифода аз маълумоти омӯӣ арзёбии иқтисодию географии захираҳои табиӣ ҳавзаи дарёи Варзобро анҷом дода, роҳҳои истифодаи самараноки онҳоро пешниҳод кардааст. Аҳамияти иқтисодии захираҳои об дар ин минтақа тавассути рушди маҷмаи истироҳатӣ арзёбӣ карда мешавад. Дар байни дигар минтақаҳои табию географии Тоҷикистон, минтақаи Варзоб бо иқтидори қавии сайёҳӣ ва фароғатӣ худ мавқеи махсусро ишғол мекунад. Маълумоти мушаххаси илмӣ инчунин дар бораи мавқеи географии ҳавзаи дарёи Варзоб, минтақаҳои табиӣ ҳамаишарифат, марзҳо ва қаламравҳои маъмурию табиӣ онҳо, хусусиятҳои иқлимӣ ва орографӣ, аз ҷумла обтаъминнамӣ, ҳаҷм, андоза ва маҷрои шохобҳои он, шароити обу ҳаво ва хусусиятҳои табиӣ онҳо, олами набототу ҳайвонот ва аҳолии минтақа пешниҳод карда мешавад. Ба имконот ва иштироки рушди сайёҳӣ, рекреатсия, фарҳанг ва фароғат дар минтақа, ҷаишаҳои шиғобахш, иқтидори гидроэнергетикӣ неругоҳҳои барқӣ обӣ, пирияхҳо, кӯлҳо ва шаршараҳои табиӣ, обанборҳо, каналҳо, инчунин имконоти обтаъминнамӣ ва обёрӣ минтақаҳои кишоварзӣ дар шароити тағйирёбии иқлим таваҷҷуҳи хоса зоҳир карда мешавад.

Калидвожаҳо: дарёи Варзоб, шохоб, манзараи тағйирӣ, сайёҳӣ ва фароғат, обу ҳаво ва иқлим, география, ҷаишаҳои шиғобахш, иқтидори гидроэнергетикӣ, кӯлҳо, шаршара, обанборҳо, канал, обтаъминкунӣ, обёрӣ заминҳои кишоварзӣ.

PHYSICAL-GEOGRAPHICAL DESCRIPTION AND ECONOMIC SIGNIFICANCE OF THE VARZOB RIVER AND ITS SIGHTS

Begmatov Z.R.^{1,*}

¹Academy of Public Administration under the President of the Republic of Tajikistan

*Corresponding author. Email: zuhurdzonbegmatov@gmail.com

Abstract. This article presents information on the natural and geographical features of the Varzob River basin, some of its tributaries, landmarks, and tourist, recreational, and entertainment facilities located there. Using statistical data, the author conducted an economic and geographical assessment of the natural resources of the

Varzob River basin and proposed ways to effectively utilize them. The economic significance of the water resources in this area is assessed through the development of a health resort complex. Among other natural and geographical zones of Tajikistan, the Varzob zone occupies a special place with its strong tourist and recreational potential. Specific scientific data is also provided on the geographic location of the Varzob River basin, adjacent natural zones, their administrative and natural boundaries and territories, climatic and orographic features, including the supply, volume, size, and runoff of its tributaries, water and weather conditions and their natural features, flora and fauna, and the region's population. Particular attention is paid to the opportunities and facilities for the development of tourism, recreation, culture and entertainment in the region, healing springs, hydroelectric potential of hydroelectric power plants, glaciers, natural lakes and waterfalls, reservoirs, canals, as well as the possibilities of water supply and irrigation of agricultural areas in the region in the context of climate change.

Key words: Varzob River, tributary, landmark, tourism and recreation, weather and climate, orography, healing springs, hydropower potential, lakes, waterfall, reservoirs, canal, water supply, irrigation of agricultural land.

Маълумот дар бораи муаллиф: Бегматов Зухурҷон Рӯзибоевич – номзади илмҳои география, дотсенти кафедраи илмҳои табиӣ ва математикаи Академияи идоракунии давлатии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон, Тел.: (+992) 93-510-46-44, E-mail: zuhurdzonbegmatov@gmail.com

Сведения об авторе: Бегматов Зухурджон Рузибоевич – кандидат географических наук, доцент кафедры естественных и математических наук Академии государственного управления при Президенте Республики Таджикистана, Тел.: (+992) 93-510-46-44, E-mail: zuhurdzonbegmatov@gmail.com

Information about author: Begmatov Zuhurdzhon Ruziboevich – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Natural and Mathematical Sciences of the Academy of Public Administration under the President of the Republic of Tajikistan, Phone: (+992) 93-510-46-44, E-mail: zuhurdzonbegmatov@gmail.com.

УДК 502/504:556+004.9

WEB-СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СООРУЖЕНИЙ В БАССЕЙНАХ РЕК

Иванкова Т.В.^{1,*}

¹Институт безопасности гидротехнических сооружений, Россия

*Автор-корреспондент. E-mail: academy-design@mail.ru

Аннотация. В представленной работе изложена методология разработки прогнозно-аналитической web-платформы, в основу которой положены принципы геоинформационного моделирования. Практическая ценность исследования заключается в формировании комплекса мероприятий, направленных на повышение эксплуатационной надёжности гидротехнических сооружений. Предлагаемый подход позволяет минимизировать риски возникновения чрезвычайных ситуаций, несущих угрозу для населения и элементов инфраструктуры, а также служит инструментом для оптимизации регламентов технического обслуживания и ремонтных работ за счёт внедрения системы углублённой и комплексной диагностики.

Ключевые слова: геоинформационная система, прогнозно-аналитическая система, водные ресурсы, бассейны реки, гидротехнические сооружения.

Введение

Последние десятилетия на территории Российской Федерации под воздействием глобальных и региональных климатических изменений наблюдается существенная трансформация гидрологических характеристик водных объектов [1]. Для большинства малых рек, где практически отсутствует сеть стационарных измерительных постов, основными источниками

информации становятся материалы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и данные, полученные в ходе многофакторных или комплексных полевых исследований.

Паводковые явления, усиливающиеся на фоне глобальных климатических изменений [2,3], формируют критический вектор риска для гидротехнических со-

ружений (ГТС). Аномальный рост температурных показателей, интенсивное таяние ледников и трансформация режима выпадения осадков оказывают прямое дестабилизирующее воздействие на гидрологические системы. Наблюдается увеличение числа экстремальных осадков, их сложнее прогнозировать, что повышает нагрузку на сооружения в бассейнах рек, что неизбежно ведёт к росту эксплуатационных нагрузок на ГТС. Это диктует необходимость кардинального пересмотра и адаптации существующих стратегий управления рисками.

Цель работы

Решение лежит в плоскости создания интеллектуальных систем мониторинга. Современная методология обследования объектов объединяет данные обследований, геоинформационный анализ и цифровое моделирование [4]. Технической платформой для этого служит интегрированный аппаратно-программный комплекс с ядром в виде ГИС и инструментов для работы с данными ДЗЗ [5]. Ключевым активом такой системы является база пространственных данных. Она представляет собой не просто набор координат, а структурированную информацию об объектах, их топологических связях, полученную в результате комплексного ГИС-анализа. Подобная платформа обеспечивает комплексный подход к работе с данными [6], включая их сбор, обработку, визуализацию и хранение. Важнейшим преимуществом ГИС является возможность проведения пространственного анализа, моделирования и прогнозирования состояния опасных технических объектов в бассейнах рек.

С помощью инструментария ГИС становится реальным проведение детальной пространственной оценки размещения ГТС в пределах гидрографической сети.

Архитектурно геоинформационная система представляет собой web-плат-

форму, включающую в себя пользовательский web -интерфейс для сопряжения с аппаратными комплексами сбора наземных данных и подсистему хранения информации. Ключевой задачей исследования является демонстрация результатов создания данной web-системы, функционал которой основан на обработке комплекса входных параметров, включающих гидрологические, гидрофизические и многофакторные характеристики объектов. Такой модульный подход позволяет реализовать многоуровневую валидацию входящих данных и обеспечивает конечным пользователям доступ к комплексной аналитике о состоянии водных объектов, представленной в наглядных форматах, таких как базы данных, интерактивные карты, сводные таблицы и динамические графики.

Ключевыми целями организации мониторинга являются оперативное обнаружение и прогнозирование возникновения деструктивных процессов, способных оказать влияние на состояние ГТС. Важнейшими задачами также являются формирование и реализация комплекса превентивных мер, направленных на минимизацию негативных последствий, а также оценка результативности проводимых мероприятий. Кроме того, система мониторинга служит основой для информационного обеспечения управленческих решений в сфере, включая выполнение функций контроля и надзора со стороны собственника объекта (эксплуатирующей организации). Для достижения указанных целей к числу основных задач мониторинга относятся:

Совершенствование наблюдательной сети: развитие и модернизация опорной инфраструктуры для сбора данных.

Организация регулярных наблюдений: осуществление систематического контроля за состоянием водных объектов и ГТС, включая количественные и качественные параметры, а также мониторинг режима

эксплуатации с последующей обработкой и архивированием полученной информации.

Формирование единого информационного ресурса: аккумуляция и систематизация всех сведений в рамках общего банка данных мониторинга.

Аналитическая деятельность и прогнозирование: проведение оценки и разработка прогнозов динамики изменения состояния объекта.

Цифровизация процессов: развитие и внедрение автоматизированных информационных систем для повышения эффективности сбора, анализа и представления данных.

В ходе комплексных мероприятий (обследования сооружений) перерабатывается значительный массив данных, отра-

жающих динамику состояния объектов в пределах их бассейнов, а также широкий спектр количественных и качественных характеристик. Возникает необходимость в эффективных инструментах для централизованного сбора, структурирования, долгосрочного хранения, комплексной обработки и глубокого анализа этого разнородного материала.

Результаты

Внедрение ГИС выступает ключевым фактором повышения эффективности работы с данными. ГИС-технологии оптимизируют процессы на всех этапах жизненного цикла информации: от её первичного сбора и систематизации до организации централизованного хранения (Рисунок 1).

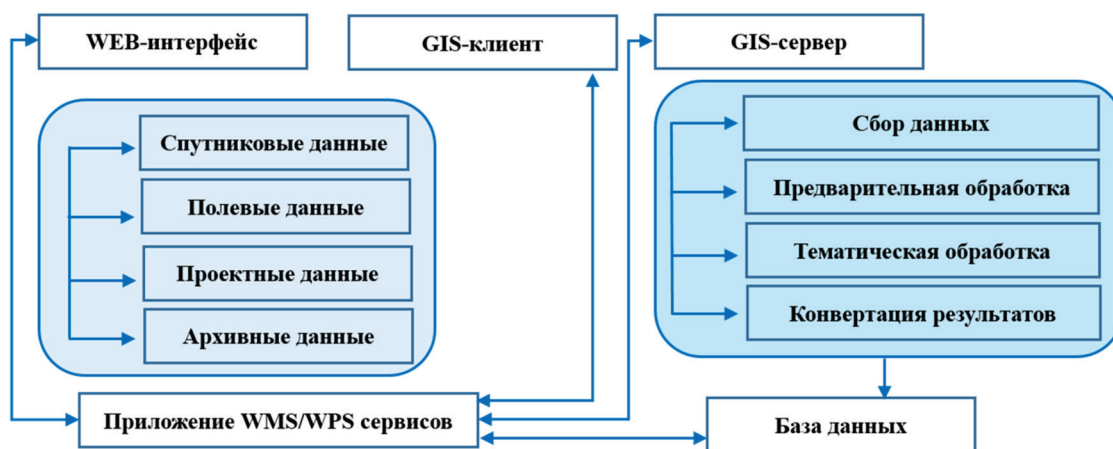


Рисунок 1. Структурная схема ГИС

Внедрение инструментов ГИС в процессы анализа и управления обеспечивает возможность пространственной идентификации наиболее уязвимых участков инфраструктуры. Система позволяет осуществлять анализ для оценки интегрального влияния различных рисков, а также гарантирует контролируемый регламентированный доступ к информационным ресурсам для всех заинтересованных сторон (администратор, пользователь).

Базовым элементом технологической платформы является ГИС-проект, пред-

ставляющий собой интеграцию геопространственной основы, тематических данных и атрибутивных баз. Характерной чертой таких проектов является послойная организация данных, что является залогом эффективной структуризации информации. Визуализация картографической информации реализуется с использованием векторных, растровых или комбинированных моделей данных (Рисунок 2).

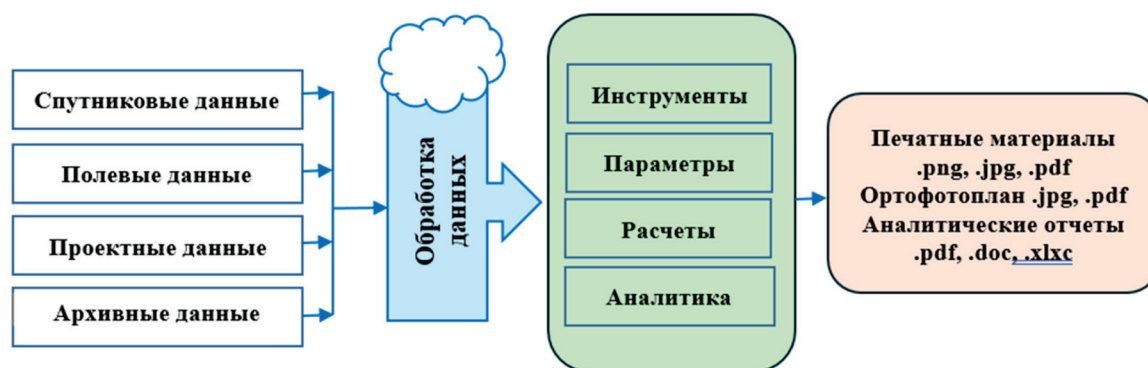


Рисунок 2. Архитектура платформы

Атрибутивные данные об объектах в ГИС хранятся с использованием специализированных систем управления базами данных (СУБД), что гарантирует их целостность и доступность для анализа. База данных ГИС-проекта формируется из широкого спектра источников: от цифровых карт и спутниковых снимков до результатов комплексного монито-

ринга и проектных архивов. Интеграция этих разнородных данных с помощью геоинформационных технологий позволяет повысить эффективность анализа и использования информации о состоянии объектов, обеспечивая переход от простого сбора данных к их комплексной интерпретации и принятию обоснованных решений (Рисунок 3).



Рисунок 3. Схема цикла данных в программно-аналитической системе

Эффективность программного комплекса напрямую зависит от его способности обрабатывать разрозненные потоки данных. В систему данных интегрируются как данные с многофакторных обследований [7,8], так и материалы, полученные в

режиме открытого доступа с ДЗЗ. Технологический цикл обработки информации в рамках программно-аналитической системы (Рисунок 4) выстраивается по следующим этапам:

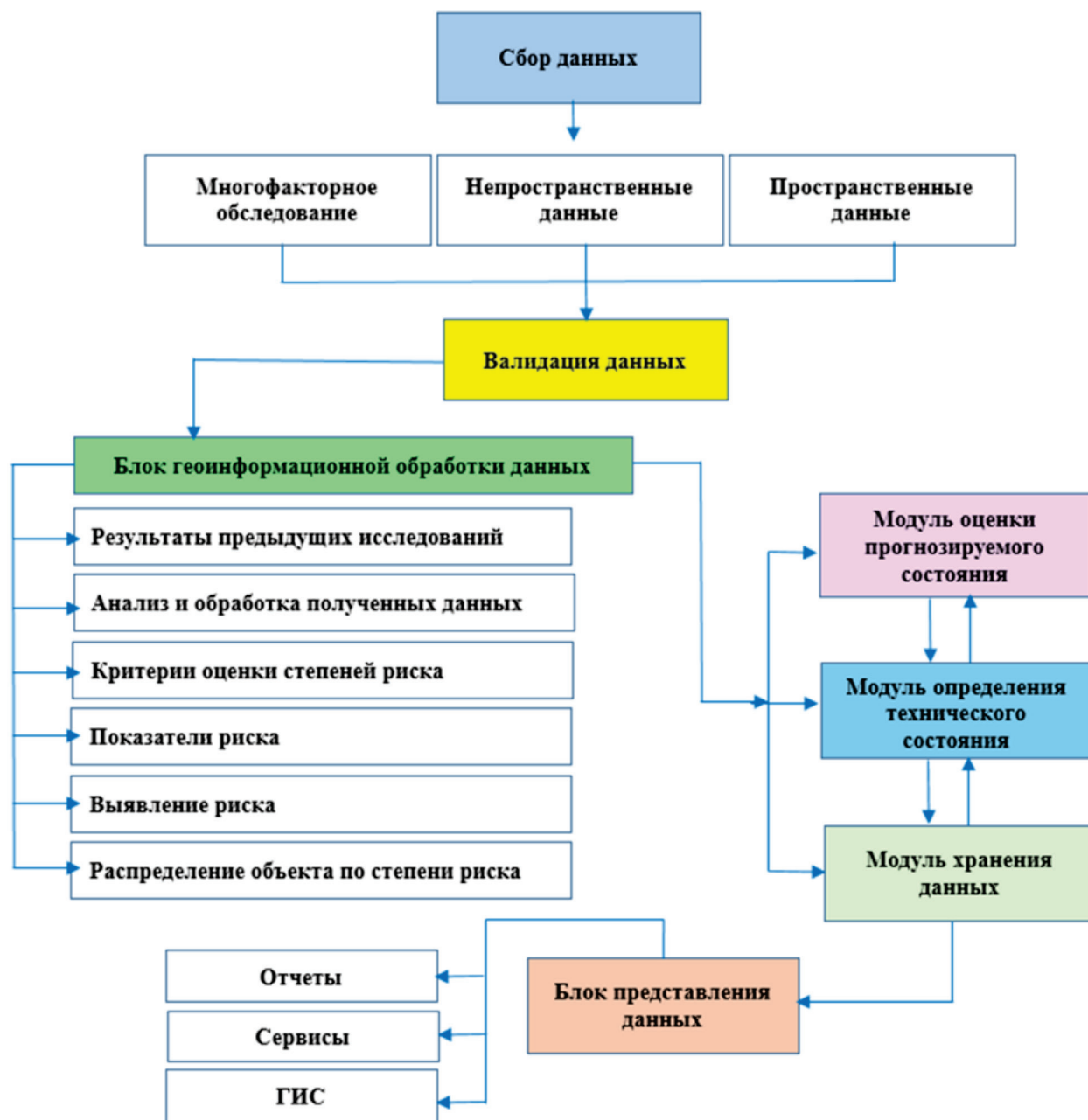


Рисунок 4. Структура прогнозно-аналитической системы управления рисками на объектах в руслах рек

Этап геопространственной индексации. На данной стадии осуществляется систематизация входящей информации, её пространственная «привязка» к координатам и атрибутивное описание.

Этап тематической аналитики. На этом шаге данные подвергаются обработке с применением инструментария ГИС и

специализированных алгоритмов анализа данных ДЗЗ.

Этап экспертной оценки. Используя результаты аналитики, экспертная подсистема, опираясь на встроенные алгоритмы, определяет необходимость верификации данных. После получения уточняющих сведений проводится ком-

плексная оценка состояния объектов по интегральному индексу.

Этап генерации отчетности. Система консолидирует все обработанные данные для автоматического формирования итогового отчета. Документ содержит оценку текущего технического состояния сооружений и перечень дефектов.

Этап валидации и верификации. Завершающая стадия цикла, на которой осуществляется проверка корректности исходных данных, а также верификация точности отображения атрибутивной информации в геоинформационной среде.

Каталог **Фильтр**

Объект: Объекты мелиоративного комплекса 03 Действия

Описание объекта	Сооружения на объекте	Карта
Сооружение №1 (сельскохозяйственное)		
Наименование (Name):	ГТС №6	
Лимит в год, тыс.м3 (Limit per year):	1664	
Назначение (Purpose):	сельскохозяйственное	
Количество постов наблюдения (Number of observation posts):	1	
Ближайший населенный пункт (Nearest locality):	с. Каштаны	
Материал ферм (Material of farms):	Металлические	
Материал опор (Support material):	Железобетонные	
Уровень растворенного кислорода:	5,7	
Температура воды, С° (Water temperature, C°):	28,6	
Ультрафиолетовая проницаемость воды (Uvt), % (Ultraviolet water permeability (Uvt), %):	89,2	
Насыщенность кислородом (Oxygen saturation):	77	

Район: Бахчисарайский район

Форма собственника: Юридическое лицо

Техническое состояние (Technical condition): Работоспособное

Оценка уровня безопасности на период обследования (Assessment of the safety level for the survey period): Значительные дефекты

Экологическое состояние на момент обследования (Ecological status at the time of the survey): Умеренно загрязненный

Рисунок 5. Экранная форма разработанной web-системы

Ключевая функция платформы - автоматическая оценка и ранжирование сооружений по степени риска на основе анализа данных и результатов комплексных проверок. Пользователям доступен интуитивно понятный инструмент для управления данными: гибкий поиск,

фильтрация и контроль над реестром сооружений (Рисунок 5). Система классифицирует объекты по классу опасности и остаточному ресурсу, при этом позволяя гибко настраивать фильтры под специфику задач, добавляя новые типы объектов. Для удобства навигации предусмотрены

персональные списки и инструменты для группировки объектов с наглядным отображением статистики на карте.

Выводы

В работе показан опыт исследований и разработок программных и аппаратных средств для осуществления мониторинга параметров малых озер и водохранилищ. Разработанная ГИС позволяет предоставлять разноплановую информацию о состоянии водных объектов. Разработанные программные интерфейсы позволяют принимать данные с разных измерительных приборов и комплексов, а также загружать результаты экспедиционных работ при помощи web-интерфейса.

Внедрение технологий геомониторинга является ключевым инструментом для контроля за состоянием длительно эксплуатируемых объектов в речных бассейнах. Управление рисками реализуется через создание интегрированной структуры, объединяющей модули для работы с массивами разнородной информации. Эта система синтезирует данные из архивов комплексных обследований, результаты современных многофакторных исследований и информацию, получаемую в режиме ДЗЗ и БПЛА [9,10]. Анализ осуществляется с помощью интеллектуальных подсистем, которые при формировании рекомендаций учитывают требования нормативно-правовой базы в сфере безопасности. Такой комплексный подход позволяет не только повысить точность оценки технического состояния сооружений и их классификацию по уровню риска, но и значительно ускорить процесс выработки и реализации управляющих воздействий.

Обеспечение безопасности в бассейнах рек – комплексная задача [11], решение которой лежит в плоскости снижения рисков, поддержания надёжности ГТС, а также развития нормативной базы для зон затопления. Важнейшую роль здесь играют современные системы монито-

ринга, прогнозирования и раннего оповещения.

Литература

1. Водохозяйственный комплекс: глобальные вызовы и долгосрочные тенденции инновационного развития / Л. Н. Проскурякова, О. Саритас, С. Б. Сиваев; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2015. – 84.
2. Flörke M., Laaser C., Marinova N., Giupponi C. (2011) Final Report for the project “Climate Adaptation – Modelling Water Scenarios and Sectoral Impacts”. Directorate-General Environment, the European Commission.
3. Ercin A. E., Hoekstra A. Y. (2014) Water footprint scenarios for 2050: a global analysis // Environment International. No. 64. P. 71–82.
4. GIS Technologies for Sustainable Aquaculture / L. Falconer, T. Telfer, K. L. Pham, L. Ross // Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Comprehensive Geographic Information Systems. – 2018. – P. 290–314. DOI: 10.1016/B978-0-12-409548-9.10459-2.
5. Кондратьев К.Я., Крапивин В.Ф., Пшенин Е.С. Концепция регионального геоинформационного мониторинга // Исследование Земли из космоса. 2000. 6. С. 3–10.
6. Лубнин Д.С. Модернизация инфраструктуры пространственных данных с использованием облачных технологий // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2018. Т. 62. № 5. С. 590–598. DOI: 10.30533/0536-101X-2018-62-5-590-598.
7. Иванкова Т.В., Фесенко Л.Н. Мониторинг и прогнозирование состояния сооружений в бассейнах малых рек юга России // Вестник МГСУ. – 2023. Т. 18. – № 4. – С. 595-606.
8. Волосухин, В.А. Дефекты и повреждения строительных конструкций мостов на мелиоративных каналах Ростовской области Монография/ В.А. Волосухин, Т.А. Крахмальний, С.И. Евтушенко, М.П. Крахмальная.– Новочеркасск: Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) имени М.И. Платова, 2013. – 126 с.
9. Лучников А.И., Ляхин Ю.С., Лепихин А.П. Опыт применения беспилотных летательных аппаратов для оценки состояния берегов поверхностных водных объектов // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2018. № 1. С. 37–46. DOI: 10.35567/19994508-2018-1-3.
10. Сапрыгин В.В., Глинка В.В., Скрипка Г.И. Использование беспилотных летательных аппаратов и геоинформационных систем при мониторинге берегов и охраняемых аквато-

рий водоемов // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2023. № 2. С. 90-100. DOI: 10.35567/19994508_2023_2_6.
11. Водохозяйственная инфраструктура в общей системе управления водными ресурсами: монография / О.Х. Амирзода, С.К. Давлатшоев, Ф.А. Кариева, З.В. Кобули, Н.Б. Курбонов, Я.Э. Пулатов, А.Р. Фазылов. – Душанбе: ИВП, ГЭиЭ НАНТ, 2021. – 172 с.

нография / О.Х. Амирзода, С.К. Давлатшоев, Ф.А. Кариева, З.В. Кобули, Н.Б. Курбонов, Я.Э. Пулатов, А.Р. Фазылов. – Душанбе: ИВП, ГЭиЭ НАНТ, 2021. – 172 с.

WEB - СИСТЕМАИ НАЗОРАТИИ ҲОЛАТИ ИНШООТ ДАР ҲАВЗАИ ДАРЁҲО

Иванкова Т.В.^{1,*}

¹Институтуи бехатарии иншоотҳои гидротехникӣ, Россия

*Муаллифи масъул. E-mail: academy-design@mail.ru

Шарҳи мухтасар. Дар ин мақола методологияи таҳияи web-платформаи таҳлили пешгӯикунада, ки дар асоси принципҳои моделсозии геоинформатсионӣ асос ёфтааст, пешниҳод шудааст. Арзиши амалии ин таҳқиқот дар таҳияи маҷмӯи чораҳои, ки барои беҳтар кардани эътимоднокии фаъолияти истифодабарии иншоотҳои гидротехникӣ равона шудаанд, мебошад. Усули пешниҳодишуда хатари ҳолатҳои фавқуллодаеро, ки барои аҳоли ва унсурҳои инфрасохторӣ таҳдид мекунад, ба ҳадди ақал мерасонад ва инчунин ҳамчун фишанге барои беҳтар кардани расмиёти нигоҳдории техникӣ ва таъмир тавассути татбиқи системаи таҳлили амиқ ва маҷмӯӣ ҳамаҷониба хизмат мекунад.

Калидвожаҳо: системаи геоинформатсионӣ, системаи таҳлилий-пешгӯикунада, захираҳои об, ҳавзаи дарё, иншоотҳои гидротехникӣ.

WEB-SYSTEM FOR MONITORING THE CONDITION OF STRUCTURES IN RIVER BASINS

Ivankova T.V.^{1,*}

¹Institute of Hydraulic Structure Safety, Russia

*Corresponding author. E-mail: academy-design@mail.ru

Abstract: The presented work outlines the methodology for developing a predictive-analytical web platform, based on the principles of geoinformation modeling. The practical value of the research lies in the formation of a set of measures aimed at improving the operational reliability of hydraulic structures. The proposed approach allows minimizing the risks of emergencies that pose a threat to the population and infrastructure elements, and also serves as a tool for optimizing maintenance and repair regulations through the implementation of a system of in-depth and comprehensive diagnostics.

Keywords: geoinformation system, predictive-analytical system, water resources, river basin, hydraulic structures.

Маълумот дар бораи муаллиф: Иванкова Татьяна Викторовна – номзоди илмҳои техникӣ, муовини сардори шуъбаи экспертизаи бехатарии иншоотҳои гидротехникии Институтуи бехатарии иншоотҳои гидротехникӣ, Тел.: +79281407730, E-mail: academy-design@mail.ru.

Сведения об авторах: Иванкова Татьяна Викторовна – кандидат технических наук, заместитель начальника отдела экспертизы безопасности гидротехнических сооружений Института безопасности гидротехнических сооружений, Тел.: +79281407730, E-mail: academy-design@mail.ru

Information about the authors: Ivankova Tatyana Viktorovna – Candidate of Technical Sciences, Deputy Head of the Department of Safety Expertise of Hydraulic Structures at the Institute of Hydraulic Structure Safety, Phone: +79281407730, E-mail: academy-design@mail.ru.

ТАҲЛИЛИ ОМИЛҲОИ АФЗОИШИ ИСТЕЪМОЛИ НЕРУИ БАРҚ ВА РОҲҲОИ БАЛАНД БАРДОШТАНИ САМАРАНОКИИ НИЗОМИ ЭНЕРГЕТИКӢ ДАР ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

Раҳмонов Ш.С.^{1,*}, Ҳомидзода С.¹, Амиршоев Ф.¹, Зиёев Р.¹

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

*Муаллифи масъул: rsharif18021994@gmail.com

Шарҳи мухтасар. Мақола ба таҳлили омилҳои асосии афзоиши истеъмоли неруи барқ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон дар солҳои 2022-2025 бахшида шудааст. Дар он нишон дода мешавад, ки рушди иқтисодӣ, афзоиши истеҳсолоти саноатӣ, зиёдшавии аҳоли, сохтмони биноҳои баландошён, густариши нақлиёти барқӣ ва паст будани самаранокии энергетикӣ боиси болоравии талабот ба неруи барқ гардидаанд. Таваҷҷуҳи махсус ба шаҳри Душанбе ҳамчун бузургтарин истеъмолкунандаи неруи барқ равона шудааст. Дар мақола ҳамчунин масъалаҳои муосирсозии инфрасохтори барқӣ, тақмили низоми гармидиҳӣ, ҷорӣ намудани тарифҳои дифференсиалӣ, гузаронидани аудити энергетикӣ ва рушди манбаъҳои барқароршавандаи энергия ҳамчун роҳҳои баланд бардоштани самаранокии низоми энергетикӣ пешниҳод мегарданд.

Калидвожаҳо: неруи барқ, истеъмоли энергия, низоми энергетикӣ, шаҳри Душанбе, самаранокии энергетикӣ, сарбории авҷӣ, нақлиёти барқӣ, тарифҳои дифференсиалӣ, шартҳои техникӣ, инфрасохтори барқӣ, гармидиҳии марказонидашуда, аудити энергетикӣ, ISO 50001, манбаъҳои барқароршавандаи энергия.

Муқаддима

Соҳаи энергетика дар шароити муосир яке аз рукнҳои асосии рушди иқтимоию иқтисодии ҳар як давлат ба ҳисоб рафта, дар таъмини амнияти энергетикӣ, баланд бардоштани сатҳи зиндагии аҳоли ва рушди устувори иқтисоди миллӣ нақши калидӣ мебошад [1]. Барои Ҷумҳурии Тоҷикистон, ки дорои захираи ғании гидроэнергетикӣ мебошад [2-4], рушди самаранокии низоми энергетикӣ на танҳо як масъалаи иқтисодӣ, балки як самти стратегӣ ба ҳисоб меравад [5]. Дар ин замина, истифодаи оқилона ва самараноки захираҳои энергетикӣ, баланд бардоштани эътимоднокии таъминоти барқ ва мутобиксозии инфрасохтори энергетикӣ ба талаботи рӯзафзуни иқтисодиёт аҳамияти аввалиндараҷа касб менамояд.

Дар солҳои охир Ҷумҳурии Тоҷикистон бо рушди босуръати иқтисодӣ ва афзоиши ҳаҷми истеҳсолот тавсиф мешавад [1]. Ин раванд, аз як тараф, нишондиҳандаи мусбати рушди иқтисодӣ буда, аз ҷониби дигар боиси афзоиши назарраси талабот ба неруи барқ мегардад. Таҳлилҳои нишон медиҳанд, ки дар давраи солҳои

2022-2025 афзоиши маҷмуи маҳсулоти дохилӣ, тавсеаи бахши саноат, зиёдшавии шумораи корхонаҳои истеҳсолӣ, рушди сохтмон ва афзоиши аҳоли ба болоравии устувори истеъмоли неруи барқ мусоидат намудаанд [1]. Ҳамзамон, густариши технологияҳои нав, аз ҷумла истифодаи нақлиёти барқӣ ва таҷҳизоти барқии маишӣ, талаботи иловагӣ ба неруи барқро ба миён овардааст [6].

Дар ин раванд, шаҳри Душанбе ҳамчун маркази сиёсӣ, иқтисодӣ ва демографии кишвар, ба бузургтарин истеъмолкунандаи неруи барқ табдил ёфтааст. Афзоиши босуръати сохтмони биноҳои истиқоматии баландошён, зиёдшавии фаъолияти соҳибкорӣ, рушди хизматрасониҳо ва густариши инфрасохтори шаҳрӣ боиси афзоиши сарбории шабакаҳои барқӣ гардидааст. Бо вуҷуди ин, қисми зиёди инфрасохтори энергетикӣ мавҷуда ғанӯз дар давраи шӯравӣ сохта шуда, барои чунин сатҳи баланди истеъмол пешбинӣ нашудааст. Ин ҳолат боиси пайдоиши мушкилот дар самти таъмини устувор ва бозэтимоди неруи барқ, махсусан дар фасли зимистон мегардад.

Яке аз масъалаҳои муҳими дигар паст будани сатҳи самаранокии энергетикӣ дар бахшҳои гуногуни иқтисодиёт, аз ҷумла саноат ва ҳоҷагии манзилию коммуналӣ мебошад. Набудани механизмҳои муассири ҳавасмандгардонӣ, тарифҳои нисбатан пасти неруи барқ ва истифодаи ғайриқиллонаи энергия боиси афзоиши бесамари истеъмоли мегарданд. Ҳамзамон, норасоии низоми мукаммали идоракунии талабот ба энергия ва маҳдуд будани татбиқи технологияҳои муосири сарфаи энергия вазъиятро боз ҳам мураккаб мегардонад.

Дар баробари ин, тағйирёбии иқлим, тағйирёбии режими гидрологии дарёҳо ва таъсири он ба истеҳсоли неруи барқи обӣ, ки манбаи асосии энергия дар Тоҷикистон ба ҳисоб меравад, зарурати диверсификатсияи манбаъҳои энергетикӣ ва ҷорӣ намудани технологияҳои навро ба миён мегузорад. Дар чунин шароит, гузариш ба модели устувори рушди энергетикӣ, ки дар он самаранокии истифодаи энергия, рушди манбаъҳои барқароршавандаи энергия ва рақамикунонии соҳа нақши муҳим доранд, аҳамияти хоса пайдо менамояд [7].

Мақсади асосии мақолаи мазкур таҳлили ҳамаҷонибаи омилҳои афзоиши истеъмоли неруи барқ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон, муайян намудани мушкilotи асосии низоми энергетикӣ ва пешниҳод намудани роҳҳои баланд бардоштани самаранокии он мебошад. Барои расидан ба ин мақсад, дар мақола вазифаҳои зерин гузошта шудаанд: таҳлили тамоюлҳои рушди истеъмоли неруи барқ дар солҳои охир; арзёбии таъсири омилҳои иқтисодӣ, иҷтимоӣ ва технологӣ ба афзоиши талабот; баррасии ҳолати инфрасохтори энергетикӣ; инчунин таҳияи пешниҳодҳои амалӣ оид ба беҳтар намудани сиёсати энергетикӣ ва идоракунии самараноки захираҳои энергетикӣ.

Ҳамин тариқ, аҳамияти илмӣ ва амалӣ таҳқиқоти мазкур дар он зоҳир мегардад, ки натиҷаҳои он метавонанд барои

тақмили сиёсати давлатӣ дар соҳаи энергетика, баланд бардоштани самаранокии истифодаи энергия ва таъмини рушди устувори низоми энергетикӣ Ҷумҳурии Тоҷикистон истифода шаванд.

Нақши соҳаи энергетика дар рушди иқтисод

Боиси ифтихор аст, ки тайи солҳои охир Тоҷикистон ба рушди босуръати иқтисодӣ ноил гардид. Ҳаҷми маҷмуи маҳсулоти дохилӣ (минбаъд – ММД) аз соли 2022 то 2025 ба андозаи 24,7% афзоиш ёфта, аз рӯи суръати афзоиши ММД дар соли 2025 (8,4%) Тоҷикистон дар байни кишварҳои Осиёи Марказӣ ҷойи аввалро ишғол менамояд [1].

Танҳо соли 2025 дар Тоҷикистон 740 корхонаҳои нави истеҳсолӣ ба фаъолияти оғоз кард, ки аз ин шумора 528-то корхонаҳои саноатӣ мебошанд. Ин имкон медиҳад, ки тақрибан 20 ҳазор ҷойи нави корӣ, иловагӣ ва барқароградида фароҳам гардад. Ҳаҷми умумии истеҳсоли маҳсулот дар кишвар ба 53,8 млрд. сомонӣ расид, ки ин нишондод нисбат ба соли 2024 дар ҳаҷми 20% зиёд мебошад [8].

Тибқи арзёбии пешакӣ бо усули умумӣ нишон медиҳад, ки соли 2025 бо назардошти сохтори соҳавии ташаккули бахши истеҳсолии ММД-и кишвар (саноат, кишоварзӣ ва сохтмон – 7,23 млрд. доллари ИМА), истеъмоли барқ дар бахши воқеии иқтисодиёт ва аҳоли (15,2 млрд. кВт·соат), ҳаҷми истеҳсол нашудани он бинобар маҳдудияти таъминоти барқ 713 млн. доллари ИМА-ро ташкил дод, ки тақрибан 5,2% ММД (13,7 млрд. доллари ИМА) мебошад.

Омили афзоиши истеъмоли дар шаҳри Душанбе

Маврид ба зикр аст, ки шаҳри Душанбе калонтарин истеъмолкунандаи неруи барқ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон ба ҳисоб рафта, ҳиссаи он дар соли 2025-ум 22,1% аз истеъмоли умумии кишвар ва дар фасли зимистон 23,4%-ро ташкил дод. Суръати афзоиши истеъмоли неруи

барқ аз соли 2022 то 2025-ум ба 523 млн. кВт·соат ё 18,5% баробар гардид. Омили асосии афзоиш ёфтани талабот дар шаҳри Душанбе ин зиёд шудани корхонаҳои саноатӣ ва муштарӣ тичоратӣ, аз ҷумла истгоҳҳои барқдихии нақлиёти барқӣ (электромобилҳо) мебошад [8]. Танҳо аз ҳисоби нақлиётҳои барқӣ талабот 52,4% ё 331,2 млн. кВт·соат афзудааст.

Дар баробари ин, ҳиссаи ин гурӯҳи истеъмолкунандагон дар сохтори умумии истеъмол аз 24% то 30% афзоиш ёфт. Ҳамзамон, аз ҷониби аҳоли низ истеъмоли барқ 178,2 млн. кВт·соат ё 18% афзуд. Ин дар ҳолест, ки шумораи аҳоли танҳо 3,6% ва масоҳати фонди манзил аз 14,5 млн. метри мураббаъ то 16,6 млн. метри мураббаъ (ё 14,5%) зиёд шудааст.

Талаботи афзояндаи шаҳри Душанбе тавассути инфрасохтори барқие таъмин карда мешавад, ки ҳанӯз дар замони шуравӣ сохта шуда, барои чунин иқтидорҳои калон пешбинӣ нагардидааст. Инчунин, то соли 2008 дар шаҳр таъминоти марказонидашудаи газ барои истеъмолкунандагон мавҷуд буд ва мувофиқан, шабакаҳои барқӣ бе назардошти сарбории гармидихӣ, таъминоти оби гарм ва тайёр кардани хӯрок лоиҳакашӣ ва сохта шуда буданд.

Механизмҳои кам кардани талафот ва самаранокӣ системаи гармидихӣ

Имрӯз маҳаллаҳои нав ба системаҳои марказонидашудаи гармидихӣ пайваست мешаванд ва афзоиши назарраси интиқоли энергияи гармӣ мушоҳида мешавад. Ҳамин тавр, дар моҳҳои октябр-декабри соли 2025 интиқоли энергияи гармӣ 494 ҳазор Гкал-ро ташкил дод, ки ин нисбат ба ҳамин давраи соли 2023 (373,4 ҳазор Гкал) 32,4% зиёд мебошад. Аммо бинобар самаранокӣ пасти интиқоли энергияи гармӣ ва тарифҳои хеле паст барои гармӣ (тариф танҳо 4%-и арзиши аслии истеҳсолро фарогир мебошад), инчунин, амалан мавҷуд набудани истифодаи самаранокӣ он дар бахшҳои манзилию иҷти-

моӣ, афзоиши доимии истеъмоли неруи барқ, махсусан бо мақсадҳои гармидихӣ ва таъминоти оби гарм (слив) мушоҳида мешавад.

Натиҷаҳои кори иҷрошуда дар доираи лоиҳаи Бонки Умумиҷаҳонӣ - «Арзёбии техника-иқтисодии ҳали устувори гармидихӣ барои Тоҷикистон» роҳҳои мувофиқи рушди бахши таъминоти гармиро муайян намудааст [9]. Бояд гуфт, ки системаи марказонидашудаи гармидихии шаҳри Душанбе на танҳо баланд бардоштани самаранокӣ аз ҳисоби навсозиро талаб менамояд, балки барои зиёд кардани иқтидори истеҳсолӣ ва иқдомҳои муосир низ ниёз дорад.

Таъмини турбинаҳои муосири газӣ ва инчунин таҷдиди МБГ-1-и Душанбе бо истифода аз турбинаҳои газӣ, самараноктарин вариантҳо бо усули истеҳсоли муштараки гармӣ ва неруи барқ ба ҳисоб мераванд. Ин имкон медиҳад, ки истеъмолкунандагон бо гармӣ ва неруи барқ бо сарфи хеле ками сӯзишворӣ таъмин карда шаванд (дар соли 2025 самаранокӣ истифодаи гази табиӣ ва мазут барои истеҳсоли неруи барқ дар МБГ-1 и Душанбе 34,8%-ро ташкил дод, дар ҳоле, ки барои технологияҳои муосири буғу газӣ дар сикли муштарак он тақрибан 72%-ро ташкил медиҳад).

Роҳҳои ҳалли кам кардани талафот, ба монанди нуқтаҳои инфиродии гармидихӣ (НИГ), баҳисобгирии гармӣ дар биноҳо, танзим вобаста ба шароити обу ҳаво ва таҷдиди тақрибан 156 истгоҳи обкашӣ (насосы), ҷорӣ намудани системаи муосири ГИС ва SCADA пешбини гардидааст.

Бо хароҷоти тахминии сармоявӣ дар давраи кӯтоҳмуддат 34,5 миллион доллари ИМА муайян карда шудаанд (бастваи пурраи чораҳои кӯтоҳмуддат ва дарозмуддат дар замиаи 3 оварда шудааст).

Барои ноҳияҳои дорои системаҳои ғайримарказонидашуда бошад, пойгоҳҳои гармидихии ҳаво-ҳаво (тепловые насосы воздух-воздух), махсусан дар якҷоягӣ бо

системаҳои фотоэлектрикӣ ва иваз намудани бойлерҳои барқӣ барои таъминоти оби гарм ба коллекторҳои офтобӣ, яке аз роҳҳои муносиби ҳалли масъала доништа мешавад.

Бояд қайд кард, ки самаранокӣ, эфтиодноки ва таъминоти марказонидашудаи гармӣ, пеш аз ҳама, аз кори корхонаҳои дар сохтори идоракунии шаҳр буда вобаста аст (ба инобат гирифтани параметрҳои Нақшаи генералии рушди шаҳр, назорати сохтмонҳо, хизматрасонии шабакаи тақсимои гармӣ ва таҷҳизоти гармидиҳии дохили бино). Дар умум, дар таҷрибаи ҷаҳонӣ вазифаи истехсол, интиқол ва тақсими гармӣ ба зиммаи корхонаҳои аз ҷониби мақомоти маҳаллӣ идорашаванда вогузор мебошанд. Чунин ҳолат имкон медиҳад, ки ҷолибияти сармоягузори бахши таъминоти гармӣ аз ҳисоби барҳам додани субсидияҳои гармӣ тавассути неруи барқ, баланд бардошта шавад.

Бо дар назар доштани он, ки тараққиёти шаҳрҳо дар қиёс ба рушди инфрасохтори таъмини неруи барқ пештар аст, махсусан дар фасли зимистон сарбории доимии зеристгоҳҳо ва хатҳои 220-110 кВ ба мушоҳида мерасад. Масалан, тибқи ченакҳои назоратии иқтидори хатҳои Л-НК-1 ва Л-НЗ 110 кВ (дар ҳудуди шаҳри Душанбе) афзоиши умумии сарбории баланд (пиковая нагрузка) дар соли 2025 нисбат ба сатҳи соли 2024-ум 45 МВт ва афзоиши сарбории асосӣ (базовая нагрузка) 30 МВт-ро ташкил медиҳад. Ҳамин тариқ, тибқи ченакҳои назоратӣ, ки дар моҳҳои декабри соли 2024 ва 2025 гузаронида шуда буданд, сарбории воқеии баъзе зеристгоҳҳои асосии шиддати 110 кВ 110 фоизро ташкил медиҳад.

Имрӯзҳо, махсусан дар сохтмонҳои нав пайваستшавии беназоратии истеъмолкунандагони калон ба назар мерасад, ки бо истифодаи неруи барқ иншоотро бо гармӣ ва оби гарм таъмин мекунанд. Ин истеъмолкунандагон, ки бархе аз онҳоро

хонаҳои истиқоматӣ ташкил медиҳанд, дар фасли зимистон яку якбора аз асбобҳои барқии гармидиҳӣ истифода менамоянд ва дар натиҷа шабакаҳои барқӣ ба чунин афзоиши сарборӣ тоб наоварда, боиси ба миён омадани садама мегарданд.

Дар баробари ин, бар хилофи меъёрҳои муқаррарнамудаи қонунгузори соҳаи сохтмон, аз ҷумла дар самти самаранокии энергия дар биноҳо, ҳамаи биноҳои нави истиқоматӣ бо системаҳои танзими гармидиҳӣ вобаста ба вазъи ҳаво мучахҳаз намегарданд. Ин дар шароити иқлими Тоҷикистон имкон медиҳад то 20% энергияи гармиро сарфа намуда, истеъмоли онро на тавассути кушодани тирезаҳо, балки бо истифодаи таҷҳизоти муосир ба таври автоматӣ танзим кард.

Ҳамзамон, меъёрҳои самаранокии энергетикӣ ҳангоми сохтмони биноҳои баландошёнаи истиқоматӣ амалан риоя намешаванд ва истеъмолкунандагон дар аксар маврид барои гарм нигоҳ доштани ҳарорат, ҳатто дар хонаҳое, ки ба шабакаи гармидиҳии марказонидашуда пайваست аст, аз таҷҳизоти барқии гармидиҳанда истифода мебаранд. Инро натиҷаҳои назорати аксбардории гармидиҳӣ, ки 24-25-уми январи соли 2025 анҷом дода шудаанд, тасдиқ мекунанд. Дар ин аксҳо возеҳида мешавад, ки бинобар сабаби риоя нашудани меъёрҳои сохтмонӣ, гармӣ аз деворҳои хона хориҷ мешавад.

Ҳалли ин мушкилот метавонад рушди мунтазами шабакаҳои барқиро тавассути таҳияи нақшаи умумии таъминоти барқ дар Душанбе бо назардошти талаботи техникии додашуда ва насби автоматикаи рақамии зиддисадамавӣ дар зеристгоҳҳои барқии 220-110-35-10 кВ таъмин намояд. Дар ин раванд, банақшагирии шабакаҳои барқӣ бояд ҳам барои давраи миёнамӯҳлат (3-5 сол) ва ҳам барои давраи дарозмуддат (10-15 сол) бо дарназардошти нақшаи генералии рушди шаҳр ва муайян кардани марказҳои сарборӣ иҷро шавад.

Шартҳои техникӣ ва таъсири он ба афзоиши сарбории низоми энергетикӣ

Қайд кардан зарур аст, ки шартҳои техникӣ (минбаъд – ШТ) барои таъмини барқ амалан бе дарназардошти иқтидорҳои мавҷудаи зеристгоҳҳо дода мешаванд. Танҳо дар солҳои 2024 ва 2025 дар маҷмӯъ, 7344 шартҳои техникӣ бо иқтидори умумии 1057 МВт дода шудааст (Ҷадвали 1), ки аз ин 1390 шартҳои техникӣ бо иқтидо-

ри 275,2 МВт ба шаҳри Душанбе рост меояд. Сабаби асосии афзоиши сарборӣ ба сохтмони иншооти баландошёна алоқаманд аст, ки дар ин давра ба ин бахш 698 шартҳои техникӣ бо иқтидори 107,2 МВт дода шудааст. Инчунин, истгоҳҳои барқдихии нақлиёти барқӣ (электромобилҳо) низ дар афзоиши сарбории система нақши назаррас доранд 254 шартҳои техникӣ бо иқтидори 99 МВт.

Ҷадвали 1. Шартҳои техникӣ аз ҷониби ҶСК «Шабакаҳои тақсими барқ» дар солҳои 2024 ва 2025 дода шудааст.

№ р/т	Филиал	2024		2025	
		Шумора	Иқтидор - кВт	Шумора	Иқтидор - кВт
1.	Душанбе	399	84 053	991	191 198
1.1.	Аҳоли	259	49 026	439	58 154
1.2.	Саноат	140	35 027	298	40 999
1.3.	Истгоҳҳои барқдихии нақлиёти барқӣ	-	-	254	99 045
2.	НТҚ	876	92 317	1239	183 482
3.	Бохтар	317	60 446,5	606	74 746,5
4.	Қўлоб	130	16 705	227	42 671
5.	Хучанд	218	43 927,5	291	89 191
6.	Гулистон	247	28 831,4	414	43 108
7.	Истаравшан	419	24621	970	85 737,5
Дар умум:		2 606	346 501,4	4 738	710 134



Расми 1. Зиёдавии талаботи аҳоли ба иқтидори неруи барқ муқоисаи соли 2024 нисбат ба соли 2025.

Дар Ҷумҳурии Тоҷикистон афзоиши шумораи нақлиёти барқӣ ба назар мерасад, ки то охири соли 2025 шумораи онҳо беш аз 17 000 -ро ташкил медиҳад. Бо дарназардошти он, ки раванди пуркунии нақлиёти барқӣ қариб ҳамеша ба соатҳои авҷи сарбории низоми энергетикӣ рост меояд, зарур аст, ки гурӯҳи алоҳидаи тарифӣ бо номи «Нақлиёти барқӣ» ҷорӣ карда шавад. Дар доираи ин гурӯҳ пешниҳод мегардад, ки тарифи вақтҳои гуногуни шабонарӯзӣ ҷорӣ карда шавад, то истеъмолкунандагонро барои пур кардани мошинҳои худ дар шабона (пас аз анҷоми сарбории низоми энергетикӣ) ташвиқ ва ҷалб намоем.

Бо дарназардошти ба таъхир афтодани татбиқи лоиҳаҳо дар солҳои 2026-2027, метавон пешбинӣ кард, ки сарбории шабакаҳои барқӣ боз ҳам бештар афзоиш меёбад ва ҳаҷми истеъмоли неруи барқ ба ҳадде мерасад, ки бо иқтидорҳои мавҷудаи низоми энергетикӣ ҷуброн кардани он ғайриимкон хоҳад буд. Ин ҳолат зарурати афзоиши воридоти неруи барқ ё ҳатто ҷорӣ кардани маҳдудиятҳои шадиди таъминоти неруи барқро ба миён меорад.

Зарур аст, ки корҳо бо истеъмолкунандагоне, ки барои гирифтани шартҳои техникӣ ариза медиҳанд, пурзӯр карда шавад. Дар ҳолати мавҷуд набудани имконияти техникӣ пайваستшавӣ, бояд ба истеъмолкунандагон ҷавоби рад дода шавад ё онҳо уҳдадор гарданд, ки баҳри тақвияти шабакаҳои барқӣ, таҷдиди хатҳои интиқоли барқ (ХИБ) ва трансформаторҳо ро дар тамоми занҷираҳои 10-35-110-220 кВ аз ҳисоби маблағҳои худӣ тадбирҳои лозимӣ андешанд.

Инчунин, барои кам кардани шумораи шартҳои техникӣ, пешниҳод карда мешавад, ки пардохт барои пайвастшавӣ (ки дар асоси хароҷоти миёнаи тақвияти шабака муайян карда мешавад) вобаста ба иқтидори дархостшуда ҷорӣ карда шавад.

Идоракунии талаботи энергетикӣ дар корхонаҳои саноатии калон

Соли 2025 истеъмоли неруи барқ дар ҚСҚ «Ширкати алюминийи тоҷик» ба андозаи 327 млн.кВт.соат нисбат ба соли 2024 афзоиш ёфта, то 2058 млн.кВт.соат расид, ки омили асосии он зиёд шудани истеҳсоли алюминий дар ҳаҷми 84 ҳазор тонна (126% нисбат ба соли 2024) мебошад. Дар айни замон, истеъмоли ҳоси неруи барқ 24,5 ҳазор кВт·с/тоннаро ташкил дода, нисбат ба нишондиҳандаҳои миёнаи ҷаҳонӣ 1,74 маротиба зиёд мебошад. Бо дарназардошти болоравии нархи алюминий (зиёда аз 16% дар соли 2025), баланд гардидани иқтидори истеҳсоли корхона бо роҳи таҷдиду навсозӣ ва ба кор даровардани электролизерҳои нав дар солҳои 2026-2027 дар назар аст, ки ин метавонад истеъмоли неруи барқро боз ҳам афзоиш диҳад. Барои таъмини ин талабот тавассути иқтидорҳои мавҷудаи истеҳсоли неруи барқ, пешниҳод карда мешавад, ки таҷрибаи солҳои қаблӣ ба монанди аз ҷониби ҚСҚ «Ширкати алюминийи тоҷик» мустақиман ба имзо расноидани шартнома бо кишварҳои ҳамсоя барои воридоти неруи барқ дар ҳаҷми лозима дар давраи норасоии неруи барқ дар низоми энергетикӣ кишвар.

Дар маҷмӯъ, дар соҳаи саноат дар соли 2025 истеъмоли неруи барқ нисбат ба соли 2024 дар ҳаҷми 485 млн. кВт.соат (16,6 Ҷоиз) афзуда, ба 3 395 млн. кВт.соат расид. Қатъи назар аз бунёди иқтидорҳои нави истеҳсолӣ, самаранокии энергетикӣ корхонаҳои мавҷудаи бахши воқеии иқтисодиёт дар сатҳи паст қарор дорад. Бинобар ин, зарур шуморида мешавад, ки шуруъ аз соли 2026 механизмҳои гузаронидани санҷишҳои ҳатмии энергетикӣ (аудити энергетикӣ) дар корхонаҳои бахши воқеии иқтисодиёт бо мақсади муайян намудани иқтидори сарфаи неруи барқ, ҷорабинҳои мушаххаси сарфаи неруи барқ ва мониторинги ҳатмии татбиқи онҳо ба роҳ монда шаванд. Қадами навбатӣ бояд

татбики системаҳои идоракунии энергетикӣ тибқи стандартҳои пешрафтаи байналмилалӣ ISO 50001 бошад [6].

Таҳлили истеъмоли неруи барқ аз ҷониби аҳоли

Таҳлили истеъмоли неруи барқ дар кишвар аз ҷониби аҳоли нишон медиҳад, ки истеъмол нисбат ба соли 2024 ба андозаи 414 млн. кВт.с афзоиш ёфта, дар соли 2025 ба 6244 млн. кВт.с баробар гардид. Тибқи таҳқиқоти Бонки Умумиҷаҳонӣ, тарифҳои неруи барқ барои истеъмолкунандагони ниҳой дар Тоҷикистон тақрибан 3,1 сенти ИМА/кВт.соатро ташкил дода, ин нишондиҳанда назар ба дигар кишварҳое, ки дар онҳо неруи барқ, асосан дар неругоҳҳои барқи обӣ истеҳсол мегардад, хеле паст мебошад.

Дар шароити набудани ҳавасмандкунӣ барои истифодаи оқилонаи барқ (яъне паст кардани нарх), истеъмоли неруи барқ аз сатҳи муътадил хеле зиёд буда, истифодаи самаранок ва оқилонаи он дар сатҳи паст қарор дорад. Ҳамзамон, ҳаҷми истеъмоли барқ аз ҷониби як муштарӣ даҳҳо маротиба фарқ мекунад. Он бевосита ба сатҳи некӯаҳволии оила, пеш аз ҳама, масоҳати биноҳои истиқоматӣ ва ёрирасон бо шароитҳои мавҷуда, аз ҷумла шумора ва иқтидорҳои асбобҳои барқии маишӣ истифодашаванда вобаста аст.

Тибқи маълумоти низомии биллинг, 65,5% аз муштариёни маишӣ то 200 кВт.с дар як моҳ истифода мекунанд, ки ин ҳамагӣ 17,8% аз ҳаҷми умумии неруи барқи истеъмолшударо (дар баҳши аҳоли) ташкил медиҳад. Ҳамзамон, 0,3% муштарӣ зиёда аз 3000 кВт.с истеъмол менамоянд, ки 10,9%-и ҳаҷми умумиро ташкил медиҳад [10].

Афзоиши тарифҳо, пеш аз ҳама, ба оилаҳои камбизоат таъсири манфӣ мерасонад. Тибқи таҷрибаи ҷаҳонӣ, самараноктарин роҳи кам кардани таъсири афзоиши тарифҳо барои ин гурӯҳи истеъмолкунандагон ҷорӣ намудани тарифҳои блокӣ

мебошад. Дар ин модел, қисмати асосии афзоиши сарбории молиявӣ аз ҳисоби болоравии тарифҳо ба гурӯҳҳои нисбатан таъминшуда ва сарватмандии истеъмолкунандагон гузаронида мешавад, ки яке аз роҳҳои муфид барои истифодаи оқилонаи неруи барқ мебошад.

Самтҳои асосии баланд бардоштани самаранокии низомии энергетикӣ

Барои баланд бардоштани истифодаи самаранокӣ неруи барқ ва ҳавасманднамудани истифодабарандагони манбаъҳои барқароршавандаи энергия (МБЭ), дар хоҷагӣҳо, бахусус дар минтақаҳои деҳот, татбиқи тадбирҳои зерин пешниҳод мегардад:

- Пешниҳоди қарзҳои махсуси «сабз» - ҳамкорӣ бо бонкҳои маҳаллӣ барои пешниҳоди қарзҳои камфоиз барои насби таҷҳизоти МБЭ;

- Ҳавасмандгардонии соҳибкорӣ хурд - татбиқи барномаҳои дастгирии ширкатҳои маҳаллӣ, ки ба насб ва хизматрасонии системаҳои МБЭ машғуланд;

- Омӯзиш ва баланд бардоштани огоҳӣ - гузаронидани маърақаҳои иттилоотӣ оид ба афзалиятҳои МБЭ ва самаранокӣ энергетикӣ;

- Дастрасӣ ба технологияҳо - таъсиси нуктаҳои фурӯш ва хизматрасонии таҷҳизоти МБЭ дар деҳот.

- Субсидияҳои мустақим барои насби таҷҳизоти МБЭ, ки дар ин ҳолат давлат метавонад қисман хароҷоти насби панелҳои офтобиро аз ҳисоби бучети ҷумҳуриявӣ ё маҳаллӣ пӯшонад;

- Имтиёзҳои андозӣ: озод намудан аз ААИ ва дигар андозҳо барои таҷҳизоти МБЭ.

Барои баланд бардоштани сатҳи сарфаи энергия дар Тоҷикистон муҳим аст, ки ба маърифатнокии аҳоли таваҷҷуҳи ҷиддӣ дода шавад ва маърақаҳои васеи иттилоотӣ гузаронида шаванд. Ин кор ба истеъмолкунандагон кӯмак мекунад, ки муҳимияти сарфаи энергия, афзалиятҳои он ва роҳҳои сарфаи захирахоро дарк на-

моянд. Унсурҳои асосии чунин стратегия бояд аз инҳо иборат бошанд:

- Маводи чопӣ - буклетҳо, овезаҳо ва варақаҳои иттилоотӣ оид ба роҳҳои оддии сарфаи энергия, масалан, гарм кардани хона, истифодаи лампаҳо ва техникаи маишии каммасраф;

- Манбаъҳои рақамӣ - таъсиси веб-сайтҳо, замимаҳои мобилӣ ё платформаҳои онлайнӣ, ки маслиҳатҳо ва ҳисобкунакҳои истеъмоли энергия барои хоҷагиҳои манзилро пешниҳод мекунаанд;

- Семинарҳо ва тренингҳо дар мактабҳо, донишгоҳҳо ва марказҳои ҷамъиятӣ;

- Мастер-классҳо барои аҳоли - намоиши роҳҳои амалии сарфачуии энергия аз ҷониби мутахассисон;

- Телевизион ва радио - паҳши роликҳои омӯзишӣ, мусоҳибаҳо бо коршиносон ва барномаҳо оид ба сарфачуии энергия;

- Шабакаҳои иҷтимоӣ - истифодаи платформаҳо (Facebook, Instagram, Telegram) барои таблиғи маслиҳатҳои мӯфид, видеороликҳо ва инфографика;

- Иқдомҳои омӯзишӣ - ворид намудани мавзуи сарфачуии энергия ба барномаҳои таълимии мактабӣ ва донишгоҳӣ;

- Гузаронидани озмунҳо байни хонандагон, масалан, барои лоиҳаи беҳтарин оид ба самаранокии энергетикӣ;

- Таъсиси марказҳои машваратӣ, ки шаҳрвандон метавонанд тавсияҳо оид ба сарфачуии энергия гиранд;

Чунин равиши мукамал огоҳии аҳолиро дар бораи зарурати сарфачуии энергия баланд мебардорад ва ба самаранокии умумии энергетикӣ кишвар таъсири мусбат мерасонад.

Бар асоси таҳлилҳои гузаронидашуда ва бо мақсади баланд бардоштани самаранокии кори низоми энергетикӣ, татбиқи самтҳои зерин пешниҳод мегардад:

1. Зарур аст, ки имкони зиёд кардани воридоти неруи барқ аз Ўзбекистон дар

мавсими тирамоҳу зимистон баррасӣ гардад.

2. Дар ҳолати мавҷуд будани ҷараёни об дар обанбори «Норак», ба кори МБГ-2 дар речаи конденсатсионӣ иҷозат дода нашавад.

3. Татбиқи тадбирҳо оид ба баланд бардоштани самаранокии низоми гармидиҳӣ тавассути муосирсозии системаи марказии гармидиҳии шаҳри Душанбе.

4. Баррасии масъалаи имконияти интиқоли ҳамаи манбаъҳои энергетикӣ, ки ба гармидиҳии шаҳри Душанбе нигаронида шудаанд, ба идоракунии мақомоти маҳаллӣ.

5. Риояи қатъии меъёрҳои муқарраршудаи қонунгузорӣ дар самти самаранокии биноҳо бо ҷиҳозонидани онҳо бо нуқтаҳои гармидиҳии инфиродӣ ва системаҳои танзими худкори энергияи гармӣ.

6. Дар соли 2026 таҳияи нақшаи генералии таъминоти барқи шаҳри Душанбе бо дарназардошти шартҳои техникӣ ва пешбинӣ намудани насби автоматикаи рақамии зидди садама дар зеристгоҳҳои 220-110-35-10 кВ.

7. Ҷорӣ намудани гурӯҳи тарифии алоҳида барои «нақлиёти барқӣ», ки дар он болоравии (градация) тарифҳо аз рӯи вақти рӯз (соатҳои алоҳида) пешбинӣ шавад, ки истеъмолкунандагонро ба пур кардани нақлиёти барқӣ дар вақти шаб (берун аз вақти сарбории низоми энергетикӣ) ҳавасманд мегардонад.

8. Пурзӯр намудани корбариҳо бо истеъмолкунандагоне, ки барои гирифтани шарти техникӣ муроҷиат мекунаанд. Дар ҳолати набудани имконият аз пайваستшавӣ бояд худдорӣ намоянд ё истеъмолкунандагонро ба тақвият додани шабакаҳои барқӣ вазифадор намоянд.

9. Пардохт барои пайвастшавӣ ба шабакаҳои барқӣ вобаста ба иқтидори дархостшаванда ҷорӣ карда шавад.

10. Бастани шартномаи мустақим аз ҷониби ҚСК «Ширкати алюминийи тоҷик» оид ба воридоти неруи барқ аз

кишварҳои ҳамсоя барои таъмини талаботи ин ҷамъият дар давраи тирамоҳу зимистон.

11. Шуруъ аз соли 2026 гузаронидани санҷишҳои ҳатмии энергетикӣ (аудити энергетикӣ)-и корхонаҳои бахши воқеии иқтисодиёт бо муайян кардани иқтидори сарфаи энергия, чорабиниҳои мушаххаси сарфаи энергия ва назорати ҳатмии татбиқи онҳо.

12. Таъмини ҳавасмандгардонии истифодаи манбаҳои барқароршавандаи энергия дар хоҷагиро.

13. Гузаронидани маъракаи васеи иттилоотӣ миёни аҳоли дар бораи аҳамияти самаранокии энергетикӣ, афзалиятҳои он ва роҳҳои сарфаи захираҳо.

Хулоса

Таҳлили гузаронидашуда нишон медиҳад, ки дар солҳои 2022–2025 афзоиши босуръати рушди иҷтимоию иқтисодии Ҷумҳурии Тоҷикистон боиси зиёдшавии устувори талабот ба неруи барқ гардидааст. Рушди саноат, сохтмон, афзоиши шумораи аҳоли, густариши фаъолияти соҳибкорӣ ва, махсусан, зиёдшавии нақлиёти барқӣ ҳамчун омилҳои калидии болоравии сарбории низоми энергетикӣ баромад мекунад. Дар ин раванд, шаҳри Душанбе ҳамчун маркази асосии иқтисодӣ ва демографӣ нақши муҳим дошта, ҳиссаи назаррас дар афзоиши истеъмоли неруи барқро ишғол менамояд.

Ҳамзамон, муайян гардид, ки сатҳи пасти самаранокии энергетикӣ дар бахшҳои саноат ва манзил, мавҷудияти тарифҳои нисбатан паст, набудани механизмҳои пурраи идоракунии талабот ва ғайриоклонаи неруи барқ мегарданд. Инчунин, кӯҳнашавии инфрасохтори энергетикӣ ва мутобиқ набудани он ба талаботи муосир, махсусан дар шароити афзоиши сарбории авҷӣ, ҳавфи ноустувории таъминоти барқро зиёд менамояд.

Таҳқиқот нишон дод, ки афзоиши шумораи шартҳои техникӣ барои пайваستшавӣ ба шабакаҳо, рушди беназорати сохтмонҳо ва набудани ҳамоҳангии зарурӣ миёни рушди шаҳрсозӣ ва имкониятҳои шабакаҳои энергетикӣ ба зиёд шудани сарбории система таъсири манфӣ мерасонанд. Дар баробари ин, истеъмоли баланди неруи барқ дар корхонаҳои бузурги саноатӣ ва истифодаи ғайрисамаранокии энергия дар сатҳи аҳоли низ яке аз мушкилоти асосӣ боқӣ мемонад.

Дар асоси натиҷаҳои бадастомада метавон хулоса намуд, ки таъмини устуворӣ ва самаранокии низоми энергетикӣ дар шароити афзоиши талабот танҳо тавассути татбиқи маҷмӯи чорабиниҳои ҳамгиро имконпазир мебошад. Аз ҷумла, муосирсозии инфрасохтори энергетикӣ, тақмили низоми гармидиҳӣ, қорӣ намудани тарифҳои дифференсиалӣ, гузаронидани аудити ҳатмии энергетикӣ, рушди манбаҳои барқароршавандаи энергия, баланд бардоштани маърифати энергетикӣ аҳоли ва тақвияти сиёсати идоракунии талабот ба энергия бояд ҳамчун самтҳои афзалиятнок баррасӣ гарданд.

Дар маҷмӯъ, татбиқи самаранокии ин чорабиниҳо метавонад ба баланд бардоштани эътимоднокии таъминоти неруи барқ, коҳиш додани талафот, беҳтар намудани самаранокии истифодаи энергия ва таъмини рушди устувори низоми энергетикӣ Ҷумҳурии Тоҷикистон мусоидат намояд.

Адабиёт

1. Агентии омери назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон. Маълумоти оморӣ оид ба рушди иҷтимоию иқтисодии Ҷумҳурии Тоҷикистон (2022–2025). – Душанбе, 2025.
2. Водохозяйственная инфраструктура в общей системе управления водными ресурсами: монография / О.Х. Амирзода, С.К. Давлатшоев, Ф.А. Кариева, З.В. Кобули, Н.Б. Курбонов, Я.Э. Пулатов, А.Р. Фазылов. – Душанбе: ИВП, ГЭиЭ НАНТ, 2021. – 172 с.
3. Концептуальная модель оптимального управления по обеспечению водно-энергетической безопасности в условиях изменения клима-

- та / О.Х. Амирзода, С.К. Давлатшоев, Н.Б. Курбонов, Ф.Х. Насруллоев // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 12(72). – С.324-334. – EDN QZJYVP.
4. Концептуальная модель регионального обеспечения водно-энергетической безопасности в условиях изменения климата / О.Х. Амирзода, С.К. Давлатшоев, Н.Б. Курбонов, Ф.Х. Насруллоев // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. – 2020. – № 4(181). – С. 157-164. – EDN XUQNYV.
 5. Хукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон. Стратегияи миллии рушди Ҷумҳурии Тоҷикистон то соли 2030. – Душанбе, 2016.
 6. ISO. ISO 50001: Energy Management Systems – Requirements with guidance for use. – Geneva, 2018.
 7. Рахмонов Ш.С., Гулахмадзода А.А., Хасанзода Б.М. Использование потенциала возобновляемых источников энергии в Таджикистане: диверсификация, вызовы и стратегические пути к энергетической независимости // Водные ресурсы, энергетика и экология. – 2025. – Т.5. – №1. – С.87-97.
 8. Вазорати энергетика ва захираҳои оби Ҷумҳурии Тоҷикистон. Ҳисоботи солона оид ба фаъолияти соҳаи энергетика. – Душанбе, 2024–2025.
 9. Бонки ҷаҳонӣ. Арзёбии техникии иқтисодии ҳалли устувори гармидихӣ барои Тоҷикистон. – Вашингтон, 2023.
 10. ЧСК “Шабақаҳои тақсимои барқ”. Маълумоти низомии биллинг ва истеъмоли неруи барқ. – Душанбе, 2024–2025.

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ РОСТА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В РЕСПУБЛИКЕ ТАДЖИКИСТАН

Рахмонов Ш.С.^{1,*}, Хомидзода С.¹, Амиршоев Ф.¹, Зиёев Р.¹

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

*Автор-корреспондент: rsharif18021994@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена анализу основных факторов роста потребления электроэнергии в Республике Таджикистан в 2022–2025 гг. Показано, что экономический рост, увеличение промышленного производства, рост численности населения, активное строительство многоэтажных зданий, расширение использования электротранспорта, а также низкий уровень энергоэффективности являются ключевыми причинами увеличения спроса на электроэнергию. Особое внимание уделено городу Душанбе как крупнейшему потребителю электроэнергии. В статье также рассматриваются вопросы модернизации электроэнергетической инфраструктуры, совершенствования системы теплоснабжения, внедрения дифференцированных тарифов, проведения энергетического аудита и развития возобновляемых источников энергии как основных направлений повышения эффективности энергетической системы.

Ключевые слова: электроэнергия, энергопотребление, энергетическая система, город Душанбе, энергоэффективность, пиковая нагрузка, электротранспорт, дифференцированные тарифы, технические условия, электроэнергетическая инфраструктура, централизованное теплоснабжение, энергетический аудит, ISO 50001, возобновляемые источники энергии.

ANALYSIS OF FACTORS DRIVING ELECTRICITY CONSUMPTION GROWTH AND WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF THE ENERGY SYSTEM IN THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

Rakhmonov Sh.S.^{1,*}, Homidzoda S.¹, Amirshoev F.¹, Ziyev R.¹

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

*Corresponding author. E-mail: rsharif18021994@gmail.com

Abstract. This article analyzes the key factors driving the growth of electricity consumption in the Republic of Tajikistan during 2022–2025. It is shown that economic growth, expansion of industrial production, population increase, intensive construction of multi-storey buildings, the spread of electric transport, and low energy efficiency are the main drivers of rising electricity demand. Special attention is given to the city of Dushanbe as the largest

electricity consumer. The paper also addresses issues related to modernization of power infrastructure, improvement of heating systems, implementation of differentiated tariffs, introduction of energy audits, and development of renewable energy sources as key approaches to improving the efficiency of the energy system.

Keywords: electricity, energy consumption, energy system, Dushanbe city, energy efficiency, peak load, electric transport, differentiated tariffs, technical conditions, power infrastructure, district heating, energy audit, ISO 50001, renewable energy sources.

Маълумот дар бораи муаллифони: Раҳмонов Шарифхуҷа Сайвалиевич – ходими калони илмӣ Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел. (+992) 004044604, E-mail: rsharif18021994@gmail.com; Ҳомидзода Саидакбар – магистранти Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон; Амиршоев Фирӯз - магистранти Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон; Зиёев Рамазон - магистранти Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон.

Сведения об авторах: Рахмонов Шарифхужа Сайвалиевич – старший научный сотрудник Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, Тел. (+992) 004044604, E-mail: rsharif18021994@gmail.com; Хомидзода Саидакбар – магистрант Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана; Амиршоев Фирӯз - магистрант Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана; Зиёев Рамазон - магистрант Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана.

Information about the authors: Rakhmonov Sharifkhujja Saivalievich – Senior Researcher of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone: (+992) 004044604, E-mail: rsharif18021994@gmail.com, Homidzoda Saidakbar - Master's Degree (MSc) from the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan; Amirshoev Firuz - Master's Degree (MSc) from the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan; Ziyev Ramazon - Master's Degree (MSc) from the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan.

УДК: 330:621.111

ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ТЕПЛА НА ТЭЦ-1 В ДУШАНБЕ В ГОДЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ

Арифов Х.О.^{1,*}, Акрамов А.З.¹

¹Институт экономики и демографии Национальной академии наук Таджикистана

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

Аннотация. Рассмотрены изменения производства тепла и электроэнергии на Душанбинской ТЭЦ-1 в годы государственной независимости. В 20-е годы 21-го столетия её переименовали в центре электроэнергетики и тепла в столице Таджикистана. В эти годы по политическим и экономическим причинам произошло значительное снижение потребления первичных источников энергии (газа и мазута). Газ и мазут поставляли соседние государства. Снижение поставок привело к падению производства электрической и тепловой энергии. В 1989г производство электроэнергии и тепла на ТЭЦ-1 было максимальным, а после 2010-2016 годов они упали до нулевого значения. Во многих домах и квартирах жители самовольно снимали и отправляли на металлический лом трубы и батареи водяного отопления. С 2018 года произошло частичное восстановление объёмов производства электроэнергии и тепла.

Ключевые слова: тепло, электричество, Гкал, первичные источники энергии, газ, мазут, тонна условного топлива, цена, экономика, политика.

Введение

В 2027 году Душанбинской ТЭЦ-1 исполнится 70 лет её функционирования. Она была создана для расширения промышленного производства в союзной ре-

спублике и для обеспечения столицы теплом и электроэнергией. С начала ввода в эксплуатацию ТЭЦ-1 успешно производила энергетический товар в форме пара, горячей воды и электрической энергии.

Но в постсоветский период ТЭЦ-1 вынужденно изменила производство тепла и электроэнергии, в связи с существенными изменениями политического статуса и экономических условий на постсоветском пространстве [1]. Практически, после приобретения политической независимости, изменились основные факторы, прежде обеспечивающие успешное функционирование ТЭЦ-1.

В республике образовалось политическое противостояние, породившее резкое обрушение общепринятых социальных ценностей, состав и стоимость государственных фондов. Произошло обрушение системы прочных экономических связей и взаимных обязательств. Выросли цены на первичные энергоносители при снижении финансовых возможностей их приобретения в достаточных объёмах, для нормального функционирования ТЭЦ. Это привело к значительным сокращениям объёмов производства теплоэлектроцентралями электрической и тепловой энергии.

Методологическая основа статьи опирается на сочетание системного, институционального подходов с анализом экспериментального материала изменения производства энергетического товара.

Результаты

По материалам отчётов Душанбинской ТЭЦ-1 1990 г. [2], 2022 г. [3], 2024 г. [4], авторами статьи было проанализировано производство электрической и тепловой энергии в столице Таджикистана.

Душанбинской ТЭЦ-1 за 1990 год имела следующие основные показатели. Установленная мощность электрическая - 198 МВт, Тепловая - 1087 Гкал/час. Выработка эл. энергии - 861,383 млн кВт·ч, тепловой энергии - 3900 тыс. Гкал. [1]

В 2022 году: Мощность электрическая была равна 198 МВт; тепловая - 1087 Гкал/час; Производство электрической энергии составило 267,5 млн кВт·ч; Производство тепловой энергии - 510,7 тыс. Гкал; Фактическая стоимость электроэнергии составила 0,78 сомони, а тепловой энергии - 432,32 сомони. [2]

В 2024 году: всего производство тепловой энергии составило 845,4 тыс. Гкал; Производство электрической энергии - 243,5 млн кВт·ч. [3]

Обсуждение

На рис. 1 представлена динамика производства электроэнергии: всего, на ГЭС и на ТЭЦ в период с 1980 г по 2018 гг. (в млрд кВт·ч.) [4].

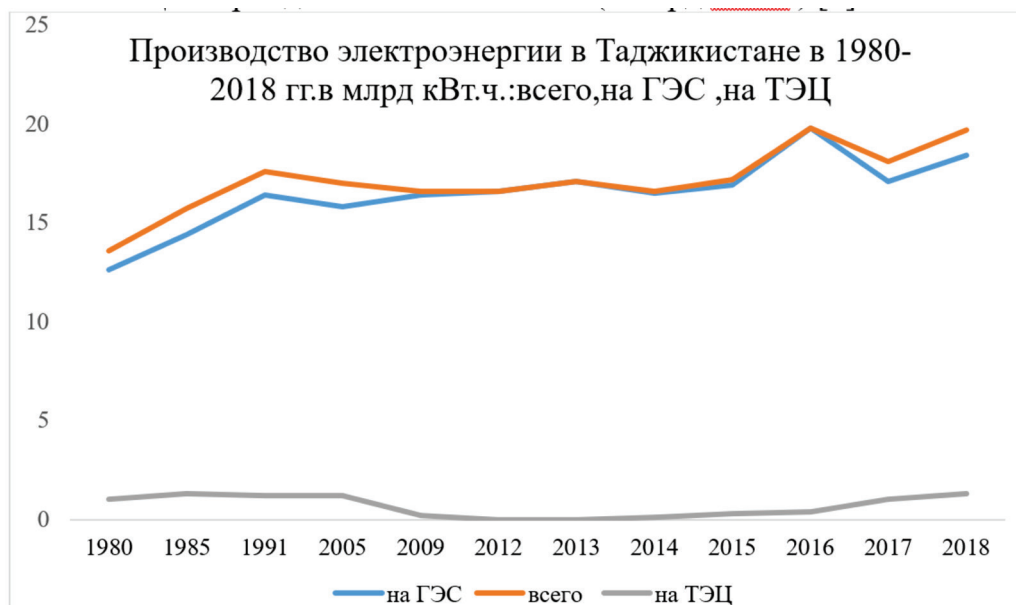


Рисунок 1. Производство электроэнергии в период 1980-2018 гг.: всего, на ГЭС и на ТЭЦ (всех). По вертикальной оси - значения в млрд кВт·ч. Рисунок построен авторами.

Видно, что на ТЭЦ производство электроэнергии в 1980-2005 гг и 2017-2018 гг. превышало 1 млрд кВт.ч., в 2009 и 2016 гг, едва превышала 200 и 400 млн кВт.ч, соответственно, а в 2012-2013 гг. было близко к нулю.

Следует напомнить, что с 2014 г. вступили в работу два первых блока Душанбинской ТЭЦ-2, по 50 МВт каждый, построенной инвесторами Китая. В 2017г. заработала вторая очередь ТЭЦ-2 этой станции, мощностью 300 МВт. Общая мощность Душанбинской ТЭЦ-2 в 2017 году достигла 400 МВт.

На 1990 год предприятие "Душанбинская ТЭЦ" состояла из собственно теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) и на правах цехов включала: отопительные объединенные районные котельные (ОРК) "Западная" и "Восточная", а также цех тепловых сетей

и подземных коммуникаций (ТС и ПК), эксплуатирующий магистральные тепловые сети (МТС) с насосными станциями.

В состав ТЭЦ входят цеха: котлотурбинный, электрический, химический, тепловой автоматики и измерений (ТАИ) и ремонтно-строительный участок. Обслуживание электрического, химического, и оборудования тепловой автоматики, измерительного хозяйства объектов ОРК, ТС и ПК, осуществляют цеха электрический, химический и ТАИ.

Установленная мощность оборудования предприятия на 1.01.91г. составила: Электрическая 198 000 кВт (198 МВт); Тепловая мощность водогрейных котлов «Западной котельной» равна 660 Гкал/ч; Восточной котельной - 70 Гкал/ч.

На рис. 2 показано потребление газа на ТЭЦ-1 в 1992-2012 гг и 2018-2024 гг.



Рисунок 2. Расход первичного источника-Газ на ТЭЦ-1 в 1992-2012 гг и 2018-2024 гг.

На горизонтальной оси-годы, на вертикальной-потребление газа (млн м³).

Из рисунка 2 видно резкое снижение потребления газа в 1989-1992 гг. и значительные, «пилообразный» его рост, сменяемый падениями, при среднем снижении, вплоть до 2012года, когда потребление

уменьшилось, практически до нуля, и возобновилось лишь в 2018году.

На рис. 3 показано потребление на ТЭЦ-1 мазута в 1980-2024гг.



Рисунок 3. Расход первичного источника мазута. На оси ординат-годы, на оси абсцисс - используемые объёмы мазута (тыс. тонн).

Видно, что с 1994 г. по 2001 г. использование мазута в работе ДТЭЦ не осуществлялось, из-за прекращения его поставок. В этот период станция работала на газе, более выгодном и экологически менее вредном топливе. В 2020 году мазут был использован в очень ограниченном объёме - 0,474тыс.тн. Это второе по объёму после нулевого значения в рассматриваемый период (1991-2023 гг.)

На рис.4 представлен график связи между расходом первичного топлива, выраженного через показатель (тонна условного топлива - т.у.т.) и производством электрической энергии. Естественно, что колебания показателя т.у.т. приводит к синхронным колебаниям производства электроэнергии.



Рисунок 4. График связи производства электрической энергии в зависимости от расхода горючего, выраженного через показатель т.у.т.

По горизонтальной оси-годы, по вертикальной-значения расхода первичных энергоносителей энергии в т.у.т. На рис.

5 представлена зависимость производства тепла на ТЭЦ-1 в годы государственной независимости.



Рисунок 5. Производство тепловой энергии в период с 1991 по 2024 гг
На рис. 6-9 показана работа ТЭЦ-1 в период 1989-2024 гг.



Рисунок 6. Производство тепловой энергии в 1989-2024 гг. на ТЭЦ-1.

По горизонтальной оси-годы, по вертикальной- тыс. Гкал (произведенная тепловая энергия). Рисунок построен авторами.

Душанбинская ТЭЦ-1 переименована в филиал «Центр электроэнергии и тепла -1» (ЦЭТ- 1) Акционерного общества «Барки Точик».

В 2022 году на ТЭЦ-1 стоимость электроэнергии составляет 0,78 сомони, а тепловой - 432,32 сомони. Для сравнения, на ТЭЦ-2 стоимость электроэнергии равна 0,42 сомони (около 87 % от стоимости ТЭЦ-1 в 2022 году), поскольку уголь, на котором работала ТЭЦ-2 дешевле газа.

Стоимость тепловой энергии на ТЭЦ-2 равна -531,83 сомони, поскольку тепло-центральный новая, дорогая. ЦЭТ-1 имеет экономически убыточное производство, и останется таковым даже с учётом повышения тарифа на производимый им товар [2].

Выводы

1. В период государственной независимости произошло значительное снижение расхода первичных источников энергии по целому ряду политических и экономических причин.

2. Снижение потребления первичных источников энергии привело к уменьшению производства электрической и тепловой энергии на ТЭЦ-1 г. Душанбе.

3. Производство продукции ТЭЦ-1 испытывало колебания с максимальными значениями в конце советского периода, минимальными в 2010-2016 гг., и некоторым увеличением после 2017г., вслед за сменой политического руководства в соседнем государстве.

Литература

1. Арифов Х.О. Энергетическая безопасность Таджикистана в годы государственной независимости. Душанбе, 2022. с.281

2. Отчёт ТЭЦ-1 за 1990г.
3. Ҳисоботи солонаи ҶСК "Маркази барқу гармидиҳии Душанбе" соли 2022 (Отчёт ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 за 2022год.)
4. Ҳисоботи солонаи ҶСК "Маркази барқу гармидиҳии Душанбе" соли 2024 (Отчёт ТЭЦ за 2024г)
5. <https://www.stat.tj/ru>. Макроэкономические показатели. табл.12. Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан.
6. Промышленность Таджикистана за годы государственной независимости (-С.607-610) Дониш.2021, с.677
7. Каюмов Н.К., Тагаева Г.М., Хоналиев Н.Х., Арифов Х.О. и др. Концептуальные основы развития реального сектора экономики Таджикистана. Дониш, 2023 г. с. 777
8. Арифов Х.О., Шахматов А.А., Использование нефтегазовых ресурсов Таджикистана // Экономика Таджикистана. -2016. -№4. – С.37-45.
9. Арифов Х.О. Обеспечение эффективного и безопасного использования угольных ресурсов в энергетике Таджикистана // Экономика Таджикистана. – 2017. -№1. -С.84-94
10. Климато-орографические условия формирования водных ресурсов Центрального Таджикистана / М.О. Холмирзозода, А.С. Кодиров, О.М. Садриддинов, З.Б. Азизов // Водные ресурсы, энергетика и экология. – 2026. – Т.6. – №1. – С.28-36. – EDN PYLAVJ.

ИСТЕҲСОЛИ НЕРҶИ БАРҚ ВА ГАРМӢ ДАР МАРКАЗИ БАРҚ ВА ГАРМДИҲИИ-1 ДУШАНБЕ ДАР СОЛҲОИ ИСТИҚЛОЛИ ДАВЛАТӢ

Арифов Х.О.^{1,*}, Акрамов А.З.¹

¹Институти иқтисодиёт ва демографияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

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

Шарҳи мухтасар. Дар мақола истеҳсолоти гармӣ ва барқ дар Нерӯгоҳи барқи гармидиҳии №1 (НБГ-1) дар солҳои истиқлолият таҳлил карда мешавад. Дар солҳои 20-уми асри 21 он ба Маркази барқу гармидиҳии Душанбе-1 номгузорӣ шуд. Дар ин солҳо солҳо бо сабабҳои сиёсӣ ва иқтисодӣ воридоти манбаъҳои аввалияи энергия (газ ва мазут) коҳиш ёфтанд. Газ ва мазут аз кишварҳои ҳамсоя воридот карда мешуданд. Коҳиши воридоти ашёи хом ба коҳиши истеҳсоли барқ ва гармӣ оварда расонд. Дар соли 1989 ҳаҷми истеҳсоли нерӯи барқ ва гармӣ дар Маркази барқ ва гармӣ баландтарин буд ва пас аз солҳои 2010-2016 онҳо ба сифр коҳиш ёфтанд. Дар бисёр хонаҳо ва манзилҳо сокинон худсарона қубурҳо ва батареяҳои гармидиҳиро ба оҳанпора равона мекарданд. Аз соли 2018 ҳаҷми истеҳсоли нерӯи барқ ва гармӣ қисман барқарор гардид.

Калидвожаҳо: гармӣ, барқ, Гкал, манбаъҳои аввалияи энергия, газ, мазут, тонна-фоизи сӯзишвории муодили он, нарх, иқтисод, сиёсат.

PRODUCTION OF ELECTRICITY AND HEAT AT TPP-1 IN DUSHANBE DURING THE YEARS OF STATE INDEPENDENCE

Arifov Kh.O.^{1,*}, Akramov A.Z.¹

¹*Institute of Economics and Demography of the National Academy of Sciences of Tajikistan*

^{*}*Corresponding author. E-mail: khamidarifov@gmail.com*

Abstract. *Changes in the production of heat and electricity at the Dushanbe Thermal Power Plant-1 during the years of state independence are considered. In the 20s, the 20th century it was renamed in the center of electricity and heat in the capital of Tajikistan. In these years, due to political and economic reasons, there was a significant decrease in the consumption of primary energy sources (gas and fuel oil). Gas and fuel oil were supplied by neighboring countries. The decrease in supplies led to a drop in the production of electric and thermal energy. In 1989, the production of electricity and heat at CHPP-1 was at its peak, but after 2010-2016, it dropped to zero. In many houses and apartments, residents illegally removed and sold the pipes and radiators for scrap metal. Since 2018, there has been a partial recovery in the production of electricity and heat.*

Keywords: *heat, electricity, Gcal, primary energy sources, gas, fuel oil, ton of equivalent fuel, price, economics, politics.*

Маълумот дар бораи муаллифон: Арифов Х. О. – н.и м.-г., ходими пешбари илмӣ Институти иқтисод ва демографияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел.: (+992) 93-560-07-40, E-mail: khamidarifov@gmail.com; Акрамов А.З. – ходими илмӣ Институти иқтисод ва демографияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел.: (+992) 915-05-28-80, E-mail: a.z.akramov@mail.ru.

Сведения об авторах: Арифов Х.О. – к.г.-м.н., ведущий научный сотрудник Института экономики и демографии Национальной академии наук Таджикистана, Тел.: (+992) 93-560-07-40, E-mail: khamidarifov@gmail.com; Акрамов А.З. – научный сотрудник Института экономики и демографии Национальной академии наук Таджикистана, Тел.: (+992) 915-05-28-80, E-mail: a.z.akramov@mail.ru.

Information about the authors: Arifov Kh.O. – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher at the Institute of Economics and Demography of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone: (+992) 93-560-07-40, E-mail: khamidarifov@gmail.com; Akramov A.Z. – Researcher at the Institute of Economics and Demography of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone: (+992) 915-05-28-80, E-mail: a.z.akramov@mail.ru.

МОДЕЛСОЗИИ РАВАНДҲОИ ТАБДИЛИ ЭНЕРГИЯИ АФКАНИШОТИ ОФТОБӢ БА ЭНЕРГИЯИ БАРҚ ДАР ЭЛЕМЕНТҲОИ КРЕМНИЙӢ

Ҳакёров И.З.^{1,*}, Пирмадов М.Д.², Тағоев С.А.³

¹Донишгоҳи технологияи Тоҷикистон

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

³Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

*Муаллифи масъул. E-mail: Ibodullo@list.ru

Шарҳи мухтасар. Мақолаи мазкур равандҳои табдили энергияи офтобӣ ба энергияи барқӣ дар элементҳои кремнийӣ ва моделсозии математикии онҳоро баррасӣ мекунад. Элементҳои офтобии кремнийӣ яке аз маъмултарин элементҳои технологияҳои муосир барои истеҳсоли энергияи барқ аз нури офтоб мебошанд ва дар соли 2025 самаранокии онҳо ба 26.81% расидааст [1]. Моделсозии математикӣ барои таълили раванди фотоэлектрикӣ, пешбиниҳои хусусиятҳои электрикӣ ва оптимизатсияи параметрҳои системаҳои офтобӣ зарур аст. Дар ин мақола моделиҳои математикии асосӣ, методикаи моделсозӣ, натиҷаҳои таҳқиқот ва ҳуҷҷаҳои оид ба истифодаи моделиҳои математикӣ барои пешбурди самаранокии элементҳои офтобӣ пешниҳод карда мешаванд.

Калидвожаҳо: элементҳои офтобӣ, кремнийӣ, фотоэлектрикӣ, муҳити рақамӣ (цифровая среда), методикаи моделсозӣ, энергияи афканишоти офтобӣ, нури офтоб, энергияи барқ, коэффитсиенти амали ғоиданок (КАФ), афканишоти офтобӣ, ҷараёни фотоэлектрикӣ (I_{ph}), ҷараёни барҷаки диод (I_0), муқовимати пайдарпай (R_s) ва параллелӣ (R_{sh}), шиддати баромад, ҷарорати мутлақ, масоҳати сатҳи элемент.

Введение

Мубрамиати тадқиқот

Зарурати энергияи тоза

Дар шароити муосир, афзоиши талабот ба энергия ва масъалаҳои экологӣ марбут ба истифодаи сӯзишворҳои органикӣ талаботро ба манбаъҳои энергияи таҷдидшаванда зиёд кардаанд. Энергияи афканишоти офтобӣ ҳамчун яке аз тоза-тарин ва дастрастарин манбаъҳои энергияи таҷдидшаванда ба миқдори ғаровон дар тамоми олам дастрас мебошад [2]. Технологияи фотоэлектрикӣ (ФЭ) имконияти табдили мустақими нури офтобро ба энергияи барқ фароҳам меоварад.

Элементҳои офтобии кремнийӣ

Кремний маводи асосӣ барои истеҳсоли элементҳои офтобӣ мебошад ва тақрибан 90% бозори ҷаҳониро ташкил медиҳад [3]. Элементҳои кремнийӣ монокристаллӣ (моно-Si) ва поликристаллӣ (поли-Si) самаранокии баланд, устувории давомнок ва таҷрибаи истеҳсолии васеъро доро мебошанд. Дар озмоишгоҳҳои муосир коэффитсиенти амали ғоиданок (КАФ) барои элементҳои монокремнийӣ

гетероструктурӣ ба 26.81% расидааст [1], ки ин ба ҳадди назариявии Шокли-Квайссер наздик мебошад.

Мубрамиати моделсозии математикӣ

Моделсозии математикии элементҳои офтобӣ барои фаҳмиши комили равандҳои фотоэлектрикӣ, таҳлили хусусиятҳои электрикӣ (тавсифоти I-U ва P-U) ва оптимизатсияи параметрҳои таъминкуандаи самаранокии максималӣ муҳим аст. Модели дақиқ метавонад муайян созад:

- пешбинӣ намудани рафтори элемент дар шароити гуногуни иқлимӣ (тағйироти ҳарорат, интенсивнокии афканишоти офтобӣ);
- оптимизатсияи параметрҳои элемент дар марҳалаи тарроҳӣ ва истеҳсолкунӣ;
- баҳодихӣ ба самаранокии системаҳои фотоэлектрикӣ дар шароитҳои воқеии истифодабарӣ;
- муайян кардани нуқтаи иқтидори максималӣ (Maximum Power Point - MPP) барои истифодаи оптималӣ.

Дар замони муосир технологияҳои навини қабатӣ (tandem) (перовскит-кремний) перовскит-кремний - ин як намуди элементҳои офтобӣ аст, ки аз ду қабат иборат мебошад:

- қабати болоӣ: перовскит
- қабати поёнӣ: кремний

имконияти расонидани (коэффициенти амали ғоиданок) КАФ-ро ба 34.6% доранд [2], ки ин ниёз ба моделҳои пешрафтаи математикӣ барои таҳлили хусусиятҳои мураккаби ин структураҳо зиёд мекунад.

Ҳадаф ва вазифаҳои тадқиқот

Ҳадафи асосӣ

Ҳадафи асосии ин тадқиқот таҳияи модели математикӣ дақиқ барои тавсифи равандҳои табдили энергияи афканишоти офтобӣ ба энергияи барқӣ дар элементҳои кремнийӣ мебошад, ки қодир аст хусусиятҳои электрикӣ дар шароитҳои гуногун бо дақиқии баланд пешбинӣ кунад.

Вазифаҳои тадқиқот

Барои расидан ба ҳадафи муайяншуда вазифаҳои зерин гузошта шудаанд:

1. Баррасии моделҳои математикӣ мавҷудаи элементҳои офтобии кремнийӣ (моделҳои як-диод ва ду-диод) [9].
2. Таҳлили параметрҳои асосии модел: ҷараёни фотоэлектрикӣ (I_{ph}), ҷараёни баръакси диод (I_0), муқовимати пайдарпай (R_s) ва параллелӣ (R_{sh}), коэффициентҳои идеалии диод (n);
3. Таҳияи алгоритм барои истихроҷи параметрҳои модел аз маълумоти истеҳсолкунандагон;
4. Моделсозии таъсири ҳарорати муҳит ва афканишоти офтоб ба тавсифоти элемент;
5. Санҷиши модел тавассути муқоисаи натиҷаҳои моделсозӣ бо маълумоти таҷрибавӣ;
6. Муайян кардани роҳҳои оптимизатсияи самаранокии элементҳои офтобӣ.

Методикаи моделсозӣ

Моделҳои эквивалентии электрикӣ элементҳои офтобӣ

Элементи офтобӣ метавонад ба воситаи схемаи эквивалентии электрикӣ тавсиф карда шавад. Маъмултарин модел - модели як-диод (Single Diode Model) мебошад, ки дар он элементҳои офтобӣ ҳамчун манбаи ҷараёни фотоэлектрикӣ, диоди идеалӣ, муқовимати пайдарпай ва параллелӣ тақдим карда мешавад [4].

Муодилаи асосии модели як-диод

Ҷараёни баромад аз элементҳои офтобӣ бо муодилаи зерин ифода карда мешавад:

$$I = I_{ph} - I_0 \left[\exp \left(\frac{U + IR_s}{nU_T} \right) - 1 \right] - \frac{U + IR_s}{R_{sh}}$$

дар ин ҷо:

I - ҷараёни баромад, А;

U - шиддати баромад, В;

I_{ph} - ҷараёни фотоэлектрикӣ, А;

I_0 - ҷараёни баръакси диод, А;

R_s - муқовимати пайдарпай, Ом;

R_{sh} - муқовимати параллелӣ, Ом;

n - коэффициентҳои идеалии диод (маъмулан 1-2);

$U_T = \frac{kT}{q}$ - шиддати ҳароратӣ, В;

k - доимии Болсман (1.38×10^{-23} Ҷ/К);

T - ҳарорати мутлақ (К);

q - заряди электрон (1.6×10^{-19} Кл).

Муайянкунии параметрҳои модел

Барои истихроҷи параметрҳои модел аз маълумоти истеҳсолкунандагон (номаи маълумот), қарорҳои муҳими зерин истифода карда мешаванд:

Нуқтаҳои маълуми тавсифоти I - U :

- ҷараёни расиши кӯтоҳ: I_{sc} (дар $U=0$);
- шиддати занҷири кушода: U_{oc} (дар $I=0$);
- нуқтаи иқтидори максималӣ: (U_{mp} , I_{mp}).

Барои ҳарорати стандартӣ $T_{ref}=25^\circ\text{C}$ (298.15 K) ва интенсивнокии афканишоти стандартӣ $G_{ref}=1000\text{ Вт/м}^2$:

$$I_{ph} \approx I_{sc}$$

Чараёни баръакси диод:

$$I_0 = \frac{I_{sc}}{\exp\left(\frac{U_{oc}}{nU_T}\right) - 1}$$

Таъсири ҳарорат ба параметрҳои элемент

Ҳарорат таъсири назаррас ба тавсифоти элементи офтобии кремнийӣ мерасонад [5].

Шиддати занҷири кушод:

$$U_{oc}(T) = U_{oc}(T_{ref}) + \beta_{U_{oc}}(T - T_{ref})$$

дар ин ҷо: $\beta_{U_{oc}}$ коэффитсиенти ҳароратии шиддат мебошад ва барои кремний тақрибан $-2.2 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$ аст [5].

Чараёни занҷири кушода:

$$I_{sc}(T) = I_{sc}(T_{ref})[1 + \alpha_{I_{sc}}(T - T_{ref})]$$

дар ин ҷо: $\alpha_{I_{sc}}$ - коэффитсиенти ҳароратии чараён мебошад ва барои кремний тақрибан $+0.06\%/^\circ\text{C}$ аст [5].

Иқтидори максималӣ:

$$P_{max}(T) = P_{max}(T_{ref})[1 + \gamma_{P_{max}}(T - T_{ref})]$$

дар ин ҷо: $\gamma_{P_{max}}$ коэффитсиенти температурии қувват мебошад ва барои кремний тақрибан -0.4 то $-0.5\%/^\circ\text{C}$ аст [5].

Ҷадвали 1. Коэффитсиентҳои ҳароратии элементҳои кремнийӣ

Параметр	Коэффитсиент	Қимат барои Si
Шиддати занҷири кушода	$\beta_{U_{oc}}$	$-2.2 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$
Чараёни расиши кӯтоҳ	$\alpha_{I_{sc}}$	$+0.06\%/^\circ\text{C}$
Иқтидори максималӣ	$\gamma_{P_{max}}$	-0.4 то $^\circ\text{C}$

Таъсири афканишоти офтобӣ

Интенсивнокии афканишоти офтобӣ (G) бевосита ба чараёни фотоэлектрикӣ таъсир мерасонад:

$$I_{ph}(G) = I_{ph}(G_{ref}) \cdot \frac{G}{G_{ref}}$$

Шиддати занҷири кушода вобастагии логарифмӣ аз интенсивнокии афканишот дорад:

$$U_{oc}(G) = U_{oc}(G_{ref}) + nU_T \ln\left(\frac{G}{G_{ref}}\right)$$

Тавсифотҳои I-U ва P-U

Барои сохтани тавсифотҳои I-U ва P-U, муодилаи асосӣ барои ҳудудҳои шиддати аз 0 то U_{oc} ҳал карда мешавад. Иқтидори баромад:

$$P = U \cdot I$$

Нуқтаи иқтидори максималӣ (MPР) Maximum Power Point дар ҷое ҷойгир аст, ки:

$$\frac{dP}{dU} = 0$$

Самаранокии табдилот

Коэффитсиенти амали ғоиданок (КАФ) чунин муайян карда мешавад:

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} = \frac{U_{mp} \cdot I_{mp}}{G \cdot A}$$

дар ин ҷо:

η - коэффитсиенти амали ғоиданок;

P_{max} - иқтидори максималии баромад, Вт;

P_{in} - иқтидори афканишоти офтобии воридшаванда, Вт;

A – масоҳати сатҳи элемент, м^2 ;

G – интенсивнокии афканишоти офтобӣ, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Алгоритми моделсозӣ

Алгоритми моделсозии пешниҳодшуда қадамҳои зеринро дар бар мегирад:

Ворид кардани маълумот: I_{sc} , U_{oc} , I_{mp} , U_{mp} , коэффитсиентҳои ҳароратӣ, ҳарорат, интенсивнокии афканишот;

Ҳисоби параметрҳои модел: муайянкунии I_{ph} , I_0 , R_s , R_{sh} , n бо усулҳои итеративӣ (масалан, усули Ньютон-Рафсон);

Танзими ҳароратӣ: татбиқи коэффит-сиентҳои ҳароратӣ ба параметрҳо;

Танзими интенсивнокии афканишот: танзими I_{ph} мувофиқи интенсивнокии афканишот;

Ҳисоби тавсифоти I-U: ҳали муодилаи асосӣ барои ҳудудҳои шиддат;

Ҳисоби тавсифоти P-U: ҳисоби иқтидор барои ҳар нукта;

Муайян кардани MPP: ёфтани максими иқтидор;

Ҳисоби самаранокӣ: муайян кардани КАФ;

Натиҷаҳои моделсозӣ

Бузургиҳои моделшудаи элемент

Барои намунаи элементи монокремнийи монокристаллӣ бо тавсифоти стандартӣ (ҷадвали 2) моделсозӣ анҷом дода шуд.

Ҷадвали 2. Бузургиҳои стандартӣ элементи монокремний (25°C, 1000 Вт/м²)

Параметр	Ишора	Қимат
Ҷараёни расиши кӯтоҳ	I_{sc}	9.2 А
Шиддати занҷири кушода	U_{oc}	0.65 В
Ҷараёни дар нуктаи MPP	I_{mp}	8.5 А
Шиддат дар нуктаи MPP	U_{mp}	0.54 В
Иқтидори максималӣ	P_{max}	4.59 Вт
Самаранокӣ	η	19.5%
Масоҳати сатҳи элемент	A	0.0235 м²

Тавсифотҳои I-U ва P-U

Натиҷаҳои моделсозӣ тавсифоти I-U ва P-U-ро дар шароити гуногуни ҳарорат (15°C, 25°C, 35°C, 45°C) ва сели рӯшноӣ (200, 400, 600, 800, 1000 Вт/м²) нишон доданд.

Хулосаҳои асосӣ:

Афзоиши ҳарорат боиси кам шудани U_{oc} мегардад (тақрибан 2.2 мВ/°C).

Афзоиши ҳарорат боиси кам шудани иқтидори максималӣ мегардад (тақрибан 0.4-0.5%/°C).

I_{sc} бо афзоиши ҳарорат каме афзоиш меёбад (тақрибан 0.06%/°C)

Афканишоти кам боиси кам шудани ҳам I_{sc} ва ҳам U_{oc} мегардад.

Дар интенсивнокии афканишоти кам (то 200 Вт/м²) самаранокии элемент назаррас кам мешавад[10].

Таъсири ҳарорат ба самаранокӣ

Таҳлили ҳарорати нишон дод, ки афзоиши ҳарорат аз 25°C то 65°C боиси кам шудани самаранокӣ аз 19.5% то 17.2% мегардад. Ин ба камшавии шиддати занҷири кушод марбут аст, ки параметри ҳассоси ҳароратӣ мебошад.

Ҷадвали 3. Таъсири ҳарорат ба параметрҳои элемент (дар 1000 Вт/м²).

Ҳарорат, °C	V	P_{max} , Вт	%
15	0.672	4.78	20.3
25	0.650	4.59	19.5
35	0.628	4.41	18.7
45	0.606	4.22	17.9
55	0.584	4.04	17.2
65	0.562	3.87	16.4

Дақиқии модел

Муқоисаи натиҷаҳои моделсозӣ бо маълумоти таҷрибавӣ нишон дод, ки модели пешниҳодшуда қодир аст параметрҳои асосиро бо дақиқии 99.5% пешбинӣ кунад [4]. Хатогии миёнаи квадратӣ (RMSE) барои ҷараён камтар аз 0.1 А ва барои иқтидор камтар аз 0.05 Вт буд.

RMSE - ин ихтисораи (Root Mean Square Error) аст ва барои чен кардани хатои миёнаи пешгӯии модел истифода мешавад. Ба забони сода, он нишон медиҳад, ки натиҷаҳои пешгӯишуда аз қиматҳои ҳақиқӣ ба ҳисоби миёна чӣ қадар фарқ мекунанд.

Формулаи маъмули он чунин аст:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (P_i - O_i)^2}{n}},$$

дар ин ҷо: P_i - қимати пешгӯишуда; O_i - қимати ҳақиқӣ; n - шумораи мушоҳидаҳо.

Оптимизатсияи параметрҳо

Таҳлили ҳассосият нишон дод, ки муқовимати пайдарпай (R_s) таъсири калонро ба U_{mp} ва самаранокӣ мерасонад. Кам кардани R_s аз 0.005 Ом то 0.002 Ом метавонад самаранокиро то 0.8% афзоиш диҳад.

Муқовимати параллелӣ (R_{sh}) ҳангоми интенсивнокии афканишоти кам муҳимтар аст. Афзоиши R_{sh} аз 100 Ом то 500 Ом самаранокиро дар интенсивнокии афканишоти 200 Вт/м² то 1.2% беҳтар мекунад.

Муқоиса бо технологияҳои муосир

Натиҷаҳои моделсозӣ бо маълумотҳои муосир дар бораи элементҳои гетеро-структурии кремний (HJT) муқоиса карда шуданд. Элементҳои HJT дар соли 2026 самаранокии то 26.81% нишон медиҳанд [1], ки ин аз самаранокии элементҳои стандартӣ (19-20%) баландтар аст.

Технологияи TOPCon (Tunnel Oxide Passivated Contact) низ самаранокии 25-26% нишон медиҳад [3]. Моделҳои мо метавонанд барои таҳлили ин технологияҳои пешрафта васеъ карда шаванд.

Технологияҳои тандемии перовскит-кремний имконияти расонидани КАФ ба 34.6% доранд [2], ки пешравию назарраси соҳаи фотошиддат мебошад. Моделсозии ин структураҳои мураккаб талаботи иловагиро дар бар мегирад.

Муҳокима ва таҳлил

Маҳдудиятҳои модели як-диода

Моделҳои як-диода барои ҳолатҳои стандартӣ дақиқии хубе дорад, вале дар шароитҳои нурӣ хеле паст ё ҳарорати хеле баланд дақиқияш кам мешавад. Дар чунин ҳолатҳо модели ду-диода, ки ҷараёни рекомбинатсияро дар минтақаи фазоии бор низ дар назар мегирад, дақиқтар аст [8].

Аҳамияти танзими ҳарорат

Дар шароитҳои иқлимии гарм (масалан, дар Тоҷикистон), ҳарорати элементҳои офтобӣ метавонад то 60-70°C расад. Ин боиси кам шудани самаранокӣ то 15-20% мегардад. Системаҳои хунуккунанда ё тарҳрезии хуби вентилатсионӣ метавонанд ин талафотро кам кунанд.

Истифодаи амалӣ

Моделҳои математикӣ метавонанд дар марҳалаҳои гуногун истифода шаванд:

Тарроҳии система: пешбиниҳои истеҳсоли энергия дар макони муайян;

Оптимизатсияи лавҳаҳо: интихоби конфигуратсияи оптималии элементҳо;

Системаҳои пайгирӣ: муайян кардани нуқсонҳо ва камшавии самаранокӣ;

MPPT (Maximum Power Point Tracking): таҳияи алгоритмҳои оптималӣ барои контроллерҳо.

Роҳҳои оптимизатсия

Барои беҳтар кардани самаранокии элементҳои офтобӣ роҳҳои зерин пешниҳод карда мешаванд:

1. Кам кардани муқовимати пайдарпай;
2. Беҳтар кардани контактҳои металлӣ ва истифодаи мавод бо ноқилияти баланд.

3. Афзоиши муқовимати параллелӣ: Беҳтар кардани сифати кристаллӣ ва кам кардани нуқсонҳо.
4. Истифодаи қабаткунии антирефлексивӣ: Кам кардани талафоти оптикӣ.
5. Текстургузори сатҳ: Афзоиши ҷазби нур.
6. Пассивизатсияи сатҳ: Кам кардани рекомбинатсияи ҳомилони бор дар сатҳ

Хулоса

Натиҷаҳои асосӣ

Дар ин мақола модели математикии комили равандҳои табдили энергияи офтобӣ ба энергияи барқӣ дар элементҳои кремний таҳия ва санҷида шуд. Натиҷаҳои асосӣ чунин ҷамъбаст карда мешаванд:

1. Модели як-диодии пешниҳодшуда қодир аст тавсифотҳои I-U ва P-U-ро бо дақиқии 99.5% пешбинӣ кунад.
2. Ҳарорат таъсири калонро ба самаранокии элемент мерасонад, боиси камшавии тавоноии то 0.4-0.5% барои ҳар дараҷаи селсий мегардад.
3. Шиддати занҷири кушод ҳассостарин параметр ба тағйироти ҳарорат мебошад (-2.2 mV/°C).
4. Муқовимати пайдарпай параметри калидӣ барои оптимизатсияи самаранокӣ аст.
5. Модел барои тарҳрезӣ, оптимизатсия ва баҳодихии системаҳои фотоэлектрикӣ истифодаи васеъ дорад.

Соҳаҳои истифода

- Моделҳои математикии таҳияшуда метавонанд дар соҳаҳои зерин истифода шаванд:
- Тарроҳӣ ва оптимизатсияи элементҳои офтобӣ.
- Пешбиниҳои истеҳсоли энергия барои лоиҳаҳои фотоэлектрикӣ.
- Таҳияи системаҳои идоракунии интеллектуалӣ барои панелҳои офтобӣ.
- Таълим ва омӯзиши технологияҳои офтобӣ.

- Таҳқиқоти илмӣ дар соҳаи энергетикаи офтобӣ.

Дурнамои инкишоф

Инкишофи минбаъдаи технологияҳои фотоэлектрикӣ ба самтҳои зерин равона карда шудааст: пайвастагии и галлий бо титан (GaP:Ti) потенциали КТК то 60% дорад[6]

Татбиқи амалӣ дар Тоҷикистон

Тоҷикистон шароити табиӣ хуб барои инкишофи энергетикаи офтобӣ дорад - рӯзҳои офтобии миёна 280-325 дар як сол ва интенсивнокии афқанишоти офтобӣ 5.5-6.5 кВт/м² рӯз. Моделҳои математикии метавонанд дар лоиҳаҳои миллӣ барои масъалаҳои зерин истифода шаванд.:

- Арзёбии потенциали энергияи офтобӣ дар минтақаҳои гуногун.
- Тарроҳии нерӯгоҳҳои офтобӣ бо самаранокии баланд.
- Оптимизатсияи системаҳои автономӣ барои минтақаҳои дурдаст.
- Пешбиниҳои истеҳсоли энергия дар мавсимҳои гуногун

Хулосаи ниҳой

Моделсозии математикии равандҳои табдили энергияи офтобӣ ба энергияи барқӣ асбоби қудратманд барои фаҳмиш, таҳлил ва оптимизатсияи элементҳои кремний мебошад. Бо назардошти афзоиши зарурат ба энергияи тоза ва пешравии босуръати технология, моделҳои дақиқ барои инкишофи соҳаи энергетикаи офтобӣ зарурати калон доранд.

Самаранокии элементҳои муосири кремний ба ҳудуди назариявӣ (32.33% барои як-занҷираи кремний [7]) наздик шудааст, ки ин нишондиҳандаи баландшавии сатҳи технологияи истеҳсол ва моделсозӣ мебошад.

Технологияҳои оянда - тандемҳои перовскит-кремний ва маводи наватар - имконияти боз ҳам беҳтар кардани самаранокиро медиҳанд.

Истифодаи моделҳои математикии дар тарҳрезӣ, истеҳсол ва истифодабарии системаҳои фотоэлектрикӣ метавонад ба

инкишофи устувори энергетика ва кам кардани вобастагӣ ба сӯзишворҳои истифодашаванда мусоидат намояд.

Адабиёт

1. Maysun Solar. (2022). Silicon PU cell conversion efficiency 26.81% - World record. LONGi Green Energy Technology Co., Ltd.
2. Российский Научный Фонд. (2024). Перовскитные субэлементы в составе каскадных фотоэлектрических преобразователей. <https://rscf.ru/project/25-63-00026>
3. 24 Канал. (2026, March 1). Солнечные панели 2026 – какие выбрать технологии для максимальной эффективности.
4. Ramaprabha, R., & Mathur, B. L. (2020). Mathematical modelling of solar photovoltaic cell/panel/array based on the physical model for maximum Power point tracking. International Journal of Renewable Energy Development, 9(1), 51-65. <https://ijred.cbiore.id/index.php/ijred/article/UieBt/22207>
5. PUEducation.org. (2010). Effect of temperature on solar cell parameters.
6. Russia LED & SSL. (2024, October 27). Создан первый в мире прототип простого солнечного элемента с потенциальным КПД до 60%.
7. Blanco, M., et al. (2019). Beyond 30% conversion efficiency in silicon solar cells: A numerical demonstration. Scientific Reports, 9, Article 12534.
8. М. Ю. Касаткин, В.В. Коробко, Моделирование как метод естественно-научного познания. Саратов 2017. 126стр.
9. Самсонов, Г. В. Силициды и их использование в технике. — Киев, Изд-во АН УССР, 1959.
10. Пеннер Д. И., Угаров В. А. Электродинамика и специальная теория относительности: Учеб. пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов. - М.: Просвещение, 1980. - 271 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ В КРЕМНИЕВЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Хакёров И.З.^{1,*}, Пирмадов М.Д.², Тагоев С.А.³

¹Технологический университет Таджикистана

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

³Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

*Автор-корреспондент. E-mail: Ibodullo@list.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются процессы преобразования солнечной энергии в электрическую энергию в кремниевых элементах, а также их математическое моделирование. Кремниевые солнечные элементы являются одними из наиболее распространённых компонентов современных технологий производства электроэнергии из солнечного излучения, и к 2025 году их эффективность достигла 26,81%. Математическое моделирование необходимо для анализа фотоэлектрических процессов, прогнозирования электрических характеристик и оптимизации параметров солнечных энергетических систем. В статье представлены основные математические модели, методика моделирования, результаты исследований, а также выводы о применении математических моделей для повышения эффективности солнечных элементов.

Ключевые слова: солнечный элемент, кремниевый, фотоэлектрический, цифровая среда, риск-менеджмент, методика моделирования, энергия солнечного излучения, солнечный свет, электрическая энергия, коэффициент полезного действия (КПД), солнечное излучение, фотоэлектрический ток (I_{ph}), обратный ток диода (I_0), последовательное сопротивление (R_s) и параллельное сопротивление (R), выходное напряжение, абсолютная температура, площадь поверхности элемента.

MODELING OF PROCESSES FOR CONVERTING SOLAR RADIATION ENERGY INTO ELECTRICAL ENERGY IN SILICON ELEMENTS

Khakerov I.Z.^{1,*}, Pirmadov M.D.², Tagoev S.A.³

¹Technological University of Tajikistan

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

³Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi

*Corresponding author: E-mail: Ibodullo@list.ru

Abstract. This article examines the processes of converting solar energy into electrical energy in silicon elements, as well as their mathematical modeling. Silicon solar cells are among the most widely used components in modern technologies for generating electrical energy from sunlight, and by 2025 their efficiency has reached 26.81%. Mathematical modeling is essential for analyzing the photoelectric process, predicting electrical characteristics, and optimizing the parameters of solar energy systems. This article presents the main mathematical models, modeling methodology, research results, and conclusions on the application of mathematical models to improve the efficiency of solar cells.

Keywords: solar cell, silicon, photoelectric, digital environment, risk management, modeling methodology, solar radiation energy, sunlight, electrical energy, efficiency (η), solar radiation, photocurrent (I_{ph}), diode reverse current (I_0), series resistance (R_s) and shunt resistance (R_{sh}), output voltage, absolute temperature, element surface area.

Маълумот дар бораи муаллиф: Ҳақёров Ибодулло Зувайдуллоевич - номзади илмҳои техникаӣ, мудири кафедраи фанҳои техникаӣ, меҳатроника ва робототехникаи Донишгоҳи технологияи Тоҷикистон. Тел.: (+992) 907938923. E-mail: ibodullo@list.ru; Пирмадов Муродмад Давлятович - номзади илмҳои техникаӣ, ходими калони илмӣ, масъули бахши илмӣ-таълимӣ ва таҳлили Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ. Тел.: (+992) 908900550; E-mail: garmo2021@gmail.com; Тағоев Сафовиддин Асоевич - номзади илмҳои техникаӣ, дотсенти кафедраи техника ва энергетикаи гармои ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ, Тел.: (+992) 919132639 E-mail: safovidin.tagoev@yandex.ru

Сведения об авторе: Ҳақёров Ибодулло Зувайдуллоевич – кандидат технических наук, заведующий кафедрой технических дисциплин, меҳатроники и робототехники Технологического университета Таджикистана. Тел.: (+992) 907 93 89 23. E-mail: ibodullo@list.ru; Пирмадов Муродмад Давлятович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, начальник научно-образовательного и аналитического отдела Институт водных проблем, гидроэнергетика и экологии НАНТ. Тел.: (+992) 908900550; E-mail: garmo2021@gmail.com; Тағоев Сафовиддин Асоевич – кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехника и теплоэнергетика ТТУ имени академика М.С. Осими, Тел.: (+992) 919132639 E-mail: safovidin.tagoev@yandex.ru

Information about the authors: Haqyorov Ibodullo Zuvaydullovich - Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Technical Disciplines, Mechatronics and Robotics at the Technological University of Tajikistan. Tel.: (+992) 907 93 89 23. E-mail: ibodullo@list.ru; Pirmadov Murodmad Davlyatovich- Candidate of technical sciences, senior Researcher, Head of the Scientific, educational and analytical Department, Institute of water problems, hydropower and ecology of the National academy of science of Tajikistan. Tel.: (+992) 908900550; E-mail: garmo2021@gmail.com; Tagoev Safoviddin Asoevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Heat Engineering and Thermal Power Engineering of the Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi, Tel.: (+992) 919132639 E-mail: safovidin.tagoev@yandex.ru

УДК: 621.3

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСА ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ (ЭЭС)

Абдуллоев Х.В.^{1*}, Раупов Н.М.¹, Сайвалиев М.М.¹, Мустафои Д.¹

¹Институт энергетики Таджикистана

*Автор-корреспондент. E-mail: a.kh.v.91@mail.ru

Аннотация. В представленной работе исследуются фундаментальные теоретические и прикладные аспекты детерминации запаса динамической устойчивости электроэнергетической системы (ЭЭС) Республики Таджикистан. Особое внимание уделено специфике функционирования национальной сети, характеризующейся доминирующей ролью гидрогенерации и высокой концентрацией мощностей в рамках Вахшского каскада ГЭС. Автором детально проанализированы переходные режимы работы крупнейших объектов генерации - Нурекской и строящейся Рогунской ГЭС, играющих ключевую роль в обеспечении системной надежности. Научная новизна исследования заключается в разработке и обосновании уточненного метода оценки запаса динамической устойчивости, базирующегося на анализе эквивалентного изменения скольжения роторов (Дзэк). В рамках работы предложен алгоритм редукции сложной многомашинной системы к эквивалентной одномашинной модели (ОМВ - One Machine Infinite Bus), критерием адекватности которой выступает сохранение суммарной кинетической энергии агрегатов.

Ключевые слова: Динамическая устойчивость, электроэнергетическая система Таджикистана, Нурекская ГЭС, Рогунская ГЭС, метод площадей, коэффициент запаса, скольжение ротора, кинетическая энергия.

Введение

Динамическая устойчивость ЭЭС Таджикистана, где более 95% генерации приходится на ГЭС, является основой надежности энергоснабжения. Ключевую роль играют Нурекская и Рогунская ГЭС, чья инерция роторов определяет жизнеспособность сети. При КЗ на транзите 500 кВ «Юг–Север» критическое время отключения составляет 0,12–0,16 с; превышение этого предела ведет к асинхронному ходу.

Нурекская ГЭС, обладая огромной инерцией девяти агрегатов, демпфирует резкие возмущения, а системы АРВ сильного действия форсируют возбуждение для удержания синхронизма. Ввод мощностей Рогунской ГЭС повышает жесткость системы, но требует сложных алгоритмов противоаварийной автоматики (ПА). Параллельная работа в рамках ОЭС Центральной Азии (с Узбекистаном и Кыргызстаном) существенно увеличивает динамическую адаптивность за счет суммарной инерции объединенной системы [2, 8, 9].

Станции Вахшского каскада (Сангтудинские, Головная и др.) работают в единой связке с Нуреком [13–14]. Для подавления низкочастотных колебаний в длинных линиях на них применяются системные стабилизаторы. На севере страны стратегическую роль играет Кайраккумская ГЭС, обеспечивающая удержание частоты и напряжения в северном узле при аварийном разделении транзита.

Высокогорный рельеф (трассы ЛЭП выше 3000 м) специфически влияет на параметры коронирования и дефицит реактивной мощности, что снижает предел передаваемой активной мощности и приближает систему к «опрокидыванию». Для минимизации рисков на всех ГЭС внедрена многоуровневая противоаварийная автоматика (ПА), включая устройства АРПЧ, АПВ, а также алгоритмы ОН и ГАУ для мгновенной балансировки системы.

Методика работ

Внедрение систем WAMS на базе синхрофазорных измерений (PMU) обеспе-

чило переход к мониторингу фазовых углов напряжений в реальном времени. Новые задачи ставит проект CASA-1000: взаимодействие гидрогенераторов с инверторными подстанциями постоянного тока требует детального моделирования электромагнитных переходных процессов для исключения резонансов и потери синхронизма [4, 8, 10].

Динамическая устойчивость ЭЭС Таджикистана – это адаптивный параметр, зависящий от сезонности, уровня воды в водохранилищах и топологии сети. Интеграция современных вычислительных комплексов и ввод мощностей Рогунской ГЭС превращают национальную сеть в одну из самых сложных и устойчивых гидроэнергетических систем мира, обеспечивающую энергетическую безопасность региона.

В связи с этим критически важным становится определение величины запаса динамической устойчивости. Этот показатель количественно отражает способность системы сопротивляться аварийным воздействиям. Хотя существуют методы анализа переходных процессов, нет единого, адаптируемого критерия для точной оценки текущего уровня динамической надёжности энергосистемы.

Проблема сложна по нескольким причинам. Во-первых, поведение энергосистемы описывается сложными нелинейными уравнениями, учитывающими электромеханические процессы, потоки мощности и работу автоматических регуляторов. Нелинейность не позволяет получить простое аналитическое решение, требуя использования численных методов, чувствительных к исходным данным и моделям.

Во-вторых, реальные энергосистемы состоят из множества машин, что усложняет определение границы устойчивости. Определение области стабильности становится непростой задачей, особенно при изменениях в сети или параметрах режи-

ма. Традиционные критерии, основанные на упрощенных моделях, не способны адекватно отразить распределение динамических резервов.

В-третьих, системы автоматического регулирования (возбуждения, частоты) и противоаварийной автоматики значительно влияют на запас устойчивости. Их параметры могут как улучшать, так и ухудшать стабильность. Поэтому для точной оценки необходимо учитывать взаимодействие всех подсистем.

Для энергосистемы Таджикистана проблема имеет специфику. Большая доля гидрогенерации и сосредоточение мощности на ГЭС делают динамические характеристики зависимыми от гидрологических условий. Длинные линии электропередачи в горах увеличивают реактивные сопротивления и чувствительность к нарушениям синхронизма. Сезонные колебания, экспортно-импортные перетоки и ввод новых объектов дополнительно усложняют определение допустимых режимов.

Научная проблема заключается в разработке теоретически обоснованных и практически применимых критериев определения запаса динамической устойчивости, которые учитывали бы нелинейную природу переходных процессов, многомашинную структуру энергосистемы и особенности её режимной конфигурации. Решение данной задачи предполагает синтез методов нелинейной динамики, теории устойчивости и вычислительного моделирования с целью формирования количественного показателя, адекватно отражающего степень удалённости текущего режима от границы потери синхронности.

Актуальность постановки проблемы определяется необходимостью повышения надёжности и энергетической безопасности Республики Таджикистан в условиях возрастающей нагрузки, структурной модернизации отрасли и расшире-

ния внешних энергетических связей. Разработка научно обоснованных подходов к оценке запаса динамической устойчивости позволит минимизировать риск системных аварий и обеспечить устойчивое функционирование национальной электроэнергетической системы.

С практической точки зрения одним из наиболее доступных подходов является введение обобщённого коэффициента запаса по активной мощности относительно расчётного предельного значения, соответствующего границе динамической устойчивости. По своей сути данный показатель формируется аналогично коэффициенту запаса по статической устойчивости и отражает степень удалённости рабочего режима от критического по активной мощности.

Результаты и их обсуждения

В этой связи были проведены исследования, основанные на приведении многомашиной энергосистемы к эквивалентной одномашиной модели. Такой подход позволил выполнить сопоставительный анализ различных критериев оценки устойчивости и установить количественные зависимости между ними. Коэффициент запаса по энергетическому критерию превышает мощностной в 4–7 раз.

$$K_d = \frac{F_{\text{торм}} - F_{\text{уск}}}{F_{\text{торм}}} \text{ и } K_p = \frac{P_{\text{ду}} - F_{\text{зап}}}{F_{\text{ду}}} \quad (1)$$

Параметр $P_{\text{ду}}$ обозначает предельный переток активной мощности по условию динамической устойчивости, а $P_{\text{зап}}$ - уменьшенный по сравнению с предельным переток, учитывающий заданный запас устойчивости.

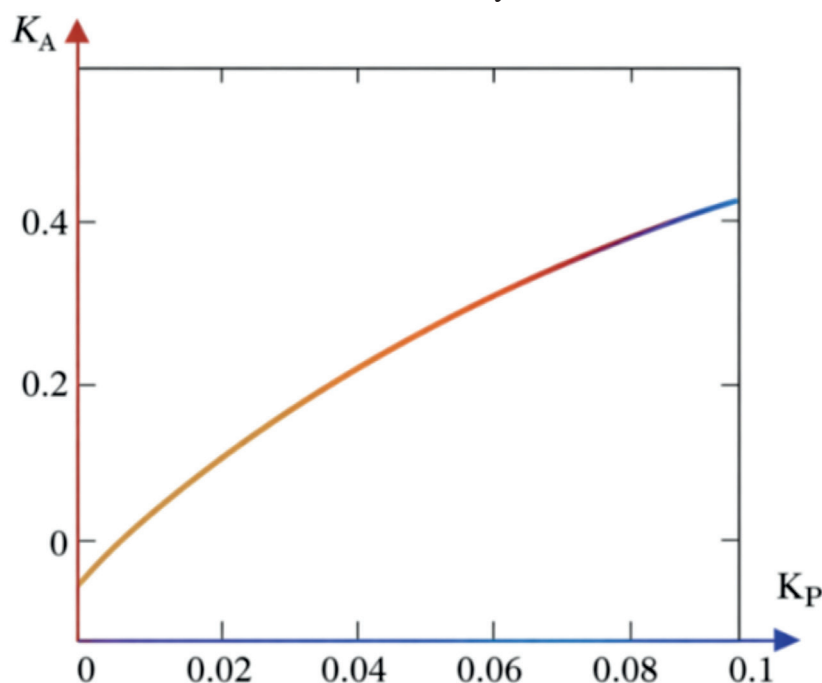


Рисунок 1. Графическая зависимость коэффициента запаса, определяемого по энергетическому критерию (методу площадей), от коэффициента запаса по активной мощности

Предложенный метод опирается на физическое понимание энергетических потоков. В рамках этого подхода, области ускорения и замедления интерпретируются как суммарные показатели потен-

циальной энергии электромеханической системы, накапливаемой за определенный период времени. Эти области прямо связаны с изменением кинетической энергии ротора генерирующего агрегата. Величи-

на кинетической энергии, в свою очередь, зависит от квадрата частоты скольжения ротора синхронной машины. Расчет текущего значения скольжения при моделиро-

вании переходных режимов выполняется стандартными средствами используемого программного обеспечения.

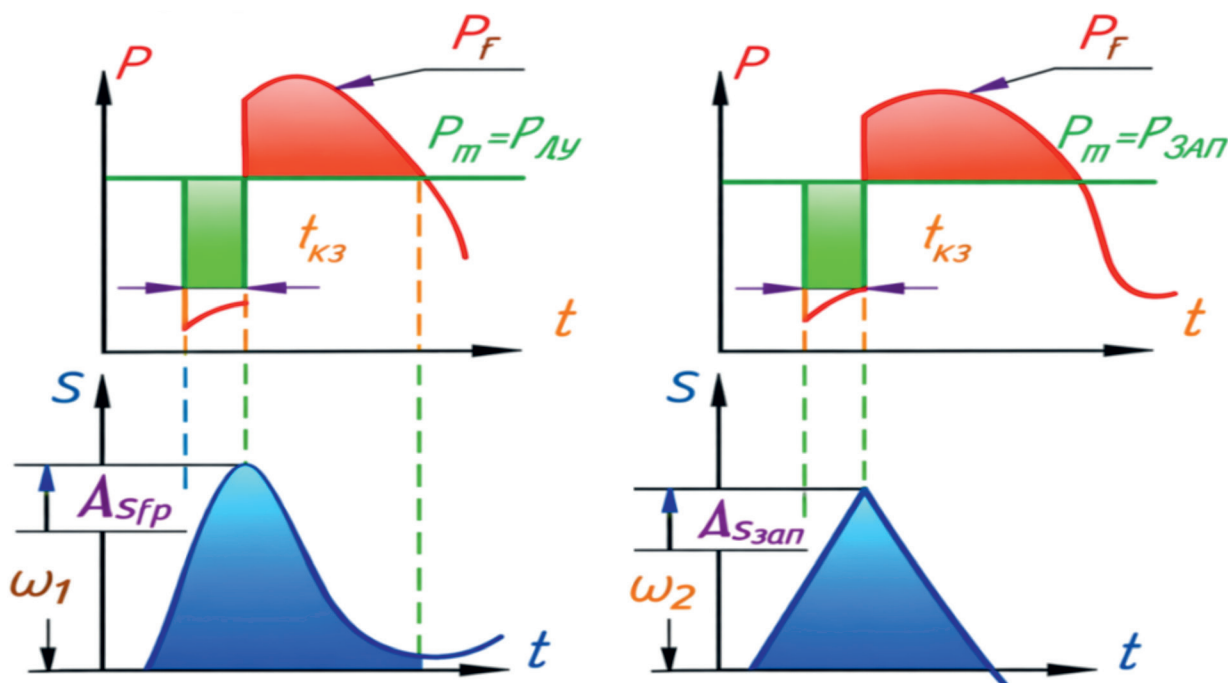


Рисунок 2. Характер изменения мощности и скольжения ротора:

- а) при перетоке мощности, незначительно превышающем предельное значение по условию динамической устойчивости; б) при режиме перетока, уменьшенном на заданную величину относительно предельного уровня.

Оценка динамической устойчивости энергосистемы осуществляется на основе следующего выражения:

$$k_d = \frac{(\Delta S_{гр})^2 - (\Delta S_{зап})^2}{(\Delta S_{гр})^2} \quad (2)$$

где: $\Delta S_{гр}$ - предельное изменение скольжения, соответствующее границе динамической устойчивости; k_d $\Delta S_{зап}$ - фактическое (расчётное) изменение скольжения при рассматриваемом возмущении.

В нормальных условиях коэффициент запаса устойчивости по площадям, обозначаемый как k_d , как правило, в 2,5–4 раза превышает его расчетное значение k_d . Оценка устойчивости охватывает два наиболее критических сценария внешних воздействий. К третьей группе относится однофазное короткое замыкание, которое

сочетается с отказом выключателя в штатной схеме, при этом время устранения данной неисправности составляет от 0,3 до 0,45 секунды. Вторая группа включает в себя двухфазное короткое замыкание на землю в схеме, применяемой при проведении ремонтных работ, причем автоматическое повторное включение (АПВ) в этом случае оказывается безуспешным. При анализе устойчивости, основанном на динамике изменения скольжения в сложных многомашинных системах, важно принимать во внимание различия в параметрах отдельных генераторов, а также их разное удаление от точки возникновения аварийного возмущения.

Изменение кинетической энергии у каждого генератора

$$W_{kj} = J_i \times \frac{d\Delta S_i^2}{2} \quad (3)$$

Кинетическая энергия вращающихся масс i -го агрегата при изменении скольжения определяется выражением

$$W_{kj,i} = \frac{J_i (\Delta S_i)^2}{2} \quad (4)$$

где: J_i - момент инерции турбины и генератора данного агрегата; ΔS_i - изменение скольжения относительно синхронной скорости.

Момент инерции J_i связан с механической постоянной инерции $T_{j,i}$ и номинальной мощностью агрегата $P_{ном,i}$ следующим соотношением:

$$T_{j,i} = \frac{J_i \omega_{ном}^2}{P_{ном}} \quad (5)$$

где: $\omega_{ном}$ - номинальная угловая скорость вращения.

Выразив из этого соотношения момент инерции,

$$J_i = \frac{T_{j,i} P_{ном}}{\omega_{ном}^2} \quad (6)$$

и подставив в (2), получим выражение для изменения кинетической энергии i -го генератора через его номинальные параметры:

$$W_{kj,i} = \frac{T_{j,i} P_{ном,i}}{2 \omega_{ном}^2} (\Delta S_i)^2 \quad (7)$$

Суммарное изменение кинетической энергии группы из n генераторов, входящих в ускоряющуюся часть энергосистемы, равно

$$\sum_{i=1}^n W_{kj,i} = \frac{1}{2 \omega_{ном}^2} \sum_{i=1}^n T_{j,i} P_{ном,i} (\Delta S_i)^2 \quad (8)$$

Для перехода к эквивалентной одномашинной модели введём эквивалентное изменение скольжения $\Delta S_{экр}$, которое соответствует той же суммарной кинетической энергии. Представим изменение кинетической энергии эквивалентного агрегата в форме, аналогичной (2):

$$W_{kj,экв} = \frac{J_{экр} (\Delta S_i)^2}{2} \quad (9)$$

Приравнявая это выражение суммарной кинетической энергии группы генераторов, получаем условие энергетической эквивалентности:

$$\frac{J_{экр} (\Delta S_{экр})^2}{2} = \frac{1}{2 \omega_{ном}^2} \sum_{i=1}^n T_{j,i} P_{ном,i} (\Delta S_i)^2 \quad (10)$$

Учитывая, что

$$J_{экр} = \frac{1}{\omega_{ном}^2} \sum_{i=1}^n T_{j,i} P_{ном,i} \quad (11)$$

получим выражение для эквивалентного изменения скольжения:

$$(\Delta S_{экр})^2 = \frac{\sum_{i=1}^n T_{j,i} P_{ном,i} (\Delta S_i)^2}{\sum_{i=1}^n T_{j,i} P_{ном,i}} \quad (12)$$

На основе расчета эквивалентного скольжения группы генераторов предложен метод оценки запаса динамической устойчивости (рис. 3). Установлено, что при однофазном КЗ на линии 500 кВ и отказе выключателя В-1, для сохранения синхронизма в контрольном сечении 1-1 необходима реализация управляющего воздействия «Отключение генераторов». Данный подход обеспечивает точный контроль баланса кинетической энергии агрегатов в аварийных режимах

Оценка запаса динамической устойчивости по изменению скольжения с учётом удалённости генераторов и возможного изменения их состава в процессе формирования площади ускорения является трудоёмкой при массовых расчётах.

Для упрощения допускается:

1. не учитывать отключение части генераторов действием противоаварийной автоматики;

2. рассматривать изменение скольжения только группы генераторов, электрически наиболее близких к месту возмущения.

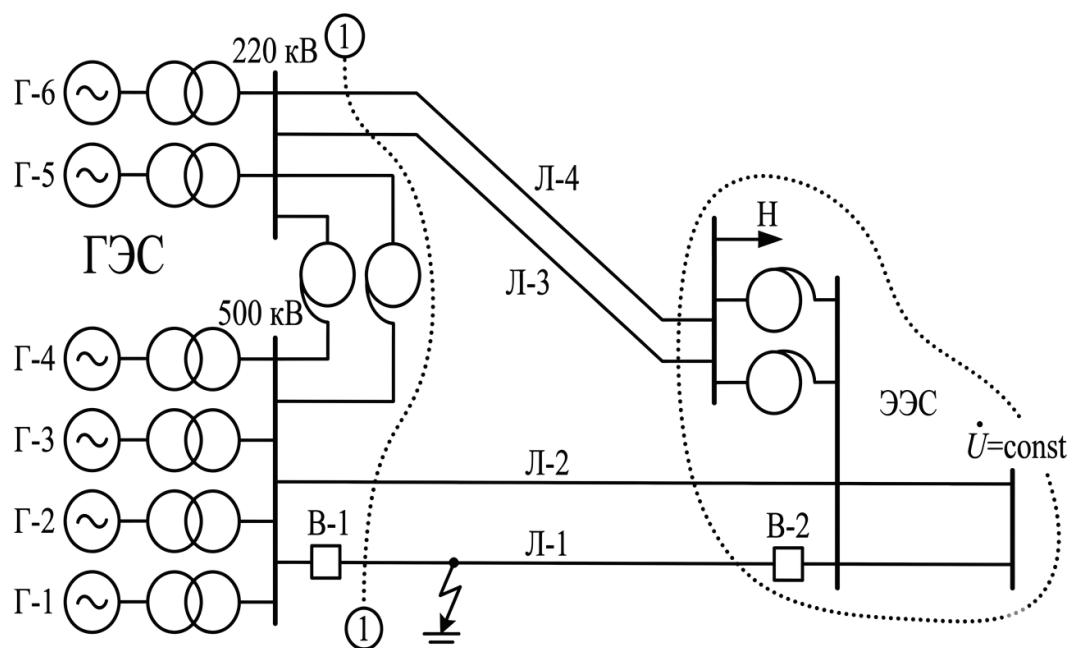


Рисунок 3. Расчётная схема, используемая для проверки и обоснования предложенных критериев оценки запаса динамической устойчивости.

В рассматриваемой схеме генераторы, присоединённые к шинам 500 кВ и 220 кВ, находятся в неодинаковых условиях по изменению кинетической энергии вследствие различной электрической удалённости от точки возмущения.

При таких допущениях отклонение расчётного коэффициента запаса от уточнённого значения не превышает 20 %, а среднее значение КР1 при КР=5% составляет около 0,14.

Выводы

Исследование продемонстрировало, что стабильность энергосистемы Таджикистана в динамическом режиме напрямую зависит от инерционных свойств гидроагрегатов Вахшского каскада, в особенности от Нурекской и будущей Рогунской ГЭС [13-14]. Было установлено, что значительное расстояние между местами генерации энергии и основными потребляющими центрами, а также сезонные ограничения пропускной способности магистральных линий электропередачи напряжением 500 кВ, приводят к снижению коэффициентов устойчивости национальной сети.

Доказана повышенная селективность энергетического критерия оценки переходных процессов по сравнению с методом анализа активной мощности, что обеспечивает более полное рассмотрение баланса процессов ускорения и торможения. Предложенный косвенный метод, основанный на параметрах относительного движения роторов, призван упростить алгоритмизацию расчетов в современных программных продуктах для моделирования. Подчеркивается важность использования эквивалентных параметров для групп генераторов, учитывая их удаленность от точки возникновения возмущения, с целью повышения точности анализа коллективной динамики сложных машинных систем.

С практической точки зрения, данная работа открывает возможности для внедрения адаптивных алгоритмов противоаварийной защиты, использующих технологии широкозонных измерений (WAMS), что соответствует современным тенденциям развития интеллектуальных систем мониторинга при масштабной модернизации гидроэнергетики страны.

Литература

1. Веников В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах - М.: Высшая школа, 1985. - 536 с. (Основополагающий учебник по динамической устойчивости).
2. Жданов П. С. Вопросы устойчивости электрических систем / Под ред. Ф. Г. Гусейнова. - М.: Энергия, 1979. 456 с. (Классика теории устойчивости).
3. Иофьев Б. И. Автоматическое управление мощностью энергосистем. - М.: Энергия, 1974. 456 с. (Важно для понимания работы противоаварийной автоматики ГЭС).
4. Куликов Ю. А. Переходные процессы в электроэнергетических системах. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. - 283 с. (Современное изложение методов расчета).
5. Паули В.К., Воропай Н.И. Устойчивость энергосистем. - М.: Энергоатомиздат, 2007. (Анализ системных аварий и методов их предотвращения).
6. Глухов И. В., Русецкий И. Ю. Оценка запасов динамической устойчивости в сложных энергосистемах // Электричество. - 2015. - № 4. (Актуальная научная статья по теме).
7. Рахманов Н. Р. Адаптивное управление режимами энергосистем с крупными гидроэлектростанциями. - Баку: Элм, 1990. (Специфика ГЭС в переходных режимах).
8. Магистральные электрические сети Таджикистана: Сборник нормативно-технических документов ОАХК «Барки Тоҷик». - Душанбе, 2020. (Для описания специфики сети 500 кВ и Нурекской ГЭС).
9. Kundur P. Power System Stability and Control. - McGraw-Hill Education, 1994. - 1176 p. (Самая авторитетная книга в мире по устойчивости энергосистем).
10. Anderson P. M., Fouad A. A. Power System Control and Stability. - IEEE Press, 2003. - 658 p. (Глубокое математическое описание переходных процессов).
11. Pai M. A. Energy Function Analysis for Power System Stability. - Springer Science & Business Media, 2012. (Детально про прямой метод Ляпунова и функции энергии).
12. Machowski J., Bialek J., Bumby J. Power System Dynamics: Stability and Control. - Wiley, 2020. (Современное издание, включающее вопросы интеграции ВИЭ и мониторинга через PMU).
13. Водохозяйственная инфраструктура в общей системе управления водными ресурсами. Монография / О.Х. Амирзода, С.К. Давлатшоев, Ф.А. Кариева, Н.Б. Курбонов, Я.Э. Пулатов, А.Р. Фазылов. – Душанбе: ИВП, ГЭиЭ НАН Таджикистана, 2021. - 172 с.
14. Повышение безопасности гидротехнических сооружений. Ч.2. На примере водохранилища Нурекской ГЭС на реке Вахш. Монография / С.А. Гарелина, Д.С. Давлатшоев, К.П. Латышенко, Н.Б. Курбонов. – Химки: АГЗ МЧС России, 2021. - 192 с.

АСОСҲОИ НАЗАРИЯВӢ БАРОИ МУАЙЯН КАРДАНИ ХОЛАТИ УСТУВОРИИ ДИНАМИКӢ ДАР СИСТЕМАИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКӢ (СЭЭ)

Абдуллоев Х.В.^{1*}, Раупов Н.М.¹, Сайвалиев М.М.¹, Мустафои Д.¹

¹Донишқадаи энергетикӣ Тоҷикистон

*Муаллифи маъҷул. E-mail: a.kh.v.91@mail.ru

Шарҳи мухтасар: Дар ин мақола ҷабҳаҳои асосии назариявӣ ва амалии муайян кардани ҳолати устувории динамикии системаи электроэнергетикӣ (СЭЭ) Ҷумҳурии Тоҷикистон баррасӣ мешаванд. Таваҷҷӯҳи махсус ба хусусиятҳои шабакаи миллии энергетикӣ, ки бо нақши бартаридоштаи истеҳсоли нерӯи барқӣ ва ҷамъавии баланди тавони дар дохили силсилаи нерӯгоҳҳои барқӣ оби Вахш тавсиф мешавад, равона карда шудааст. Муаллифон пешниҳод мекунанд, ки таҳлили муфассали реҷаҳои кори муваққатии бузургтарин иншооти истеҳсоли нерӯи барқ – НБО-и Норақ ва Роғун, ки дар ҳоли сохтмон ҳаст, дар таъмини эътимоднокии система нақши калидӣ мебошад. Навовариҳои илмӣ ин таҳқиқот дар таҳия ва тасдиқи усули такмилёфта барои баҳодиҳии ҳолати устувории динамикӣ дар асоси таҳлили тағйироти эквивалентӣ дар лағжиши ротор ($\Delta\omega$) мебошад. Дар ин кор алгоритми коҳиши додани системаи мураккаби бисёрмошинӣ ба модели эквивалентии якмошинӣ (OMIB-One Machine Infinite Bus) пешниҳод шудааст, ки меъёри кифояти он нигоҳдории энергияи умумии кинетикӣ агрегатҳо мебошад.

Калидвожаҳо: устувории динамикӣ, системаи энергетикӣ Тоҷикистон, нерӯгоҳи барқӣ оби Норақ, нерӯгоҳи барқӣ оби Роғун, усули минтақа, омилҳои беҳатарӣ, лағжиши ротор, энергияи кинетикӣ.

THEORETICAL BASIS FOR DETERMINING THE DYNAMIC STABILITY MARGIN IN AN ELECTRIC POWER SYSTEM (EPS)

Abdulloev Kh.V.^{1,*}, Raupov N.M.¹, Sayvaliev M.M.¹, Mustafoi D.¹

¹Institute of Energy of Tajikistan

*Corresponding author. E-mail: a.kh.v.91@mail.ru

Abstract: This paper examines the fundamental theoretical and applied aspects of determining the dynamic stability margin of the electric power system (EPS) of the Republic of Tajikistan. Particular attention is paid to the specifics of the national grid, characterized by the dominant role of hydropower generation and a high concentration of capacity within the Vakhsh cascade of hydroelectric power plants. The author provides a detailed analysis of the transient operating modes of the largest power generation facilities - the Nurek and Rogun hydroelectric power plants under construction - which play a key role in ensuring system reliability. The scientific novelty of this study lies in the development and validation of a refined method for estimating the dynamic stability margin based on the analysis of the equivalent change in rotor slip ($\Delta s_{\text{эк}}$). This work proposes an algorithm for reducing a complex multi-machine system to an equivalent single-machine model (OMIB - One Machine Infinite Bus), the adequacy criterion of which is the conservation of the total kinetic energy of the units.

Key words: Dynamic stability, electric power system of Tajikistan, Nurek hydroelectric power station, Rogun hydroelectric power station, area method, safety factor, rotor slip, kinetic energy.

Маълумот онд ба муаллифон: Абдуллоев Хайрулло Валиевич – н.и.т., саромӯзгори кафедраи таъминоти барқ ва бехатарии электрикии Донишқадаи энергетикаи Тоҷикистон, Тел.: (+992) 988-65-74-70; E-mail: a.kh.v.91@mail.ru; Раупов Насимҷон Махмадшарипович – саромӯзгори кафедраи манбаъҳои алтернативии энергияи Донишқадаи энергетикаи Тоҷикистон, Тел.: (+992) 1112334; E-mail: raupov.nasim@bk.ru; Сайвалиев Маъруфҷон Музафарович – саромӯзгори кафедраи таъминоти барқ ва бехатарии электрикии Донишқадаи энергетикаи Тоҷикистон, Тел.: (+992) 1112334; E-mail: Sayvaliev1990@mail.ru; Мустафои Давлаталӣ – ассистенти кафедраи таъминоти барқ ва бехатарии электрикии Донишқадаи энергетикаи Тоҷикистон, Тел.: (+992) 904-40-40-39.

Сведения об авторах: Абдуллоев Хайрулло Валиевич – к.т.н. старший преподаватель кафедрой электроснабжения и электробезопасность Института энергетика Таджикистана, Тел.: (+992) 988-65-74-70; E-mail: a.kh.v.91@mail.ru; Раупов Насимҷон Махмадшарипович – старший преподаватель кафедрой альтернативные источники энергии Института энергетика Таджикистана, Тел.: (+992) 1112334; E-mail: raupov.nasim@bk.ru; Сайвалиев Маъруфҷон Музафарович – старший преподаватель кафедрой электроснабжения и электробезопасность Института энергетика Таджикистана, Тел.: (+992) 1112334; E-mail: Sayvaliev1990@mail.ru; Мустафои Давлаталӣ – ассистент кафедры электроснабжения и электробезопасность Института энергетика Таджикистана, Тел.: (+992) 904-40-40-39

Information about the authors: Abdulloev Khairullo Valievich – PhD, Senior Lecturer at the Department of Power Supply and Electrical Safety of the Institute of Energy of Tajikistan, Phone: (+992) 988-65-74-70; E-mail: a.kh.v.91@mail.ru; Raupov Nasimjon Makhmadsharipovich – Senior Lecturer at the Department of Alternative Energy Sources, Institute of Energy of Tajikistan, Phone: (+992) 1112334; E-mail: raupov.nasim@bk.ru; Sayvaliev Marufjon Muzzafarovich – Senior Lecturer at the Department of Power Supply and Electrical Safety of the Institute of Energy of Tajikistan, Phone: (+992) 1112334; E-mail: Sayvaliev1990@mail.ru; Mustafoi Davlatali – Assistant of the Department of Power Supply and Electrical Safety of the Institute of Energy of Tajikistan, Phone: (+992) 904-40-40-39.

ЭКОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАССЕЙНА РЕКИ ЗЕРАВШАН

Сосин П.М.^{1,*}, Шаймурадов Ф.И.¹, Махмудов А.Н.¹

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

*Автор-корреспондент. E-mail: psosin46@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены климатические параметры, определяющие функционирование основных компонентов экосистемы бассейна реки Зеравшан. Используются основные климатические данные существующих метеостанций бассейна. Выполнены графические корреляции зависимости среднегодовой температуры, эффективной температуры, суммы годовых осадков, коэффициента увлажнения от высоты местности. Полученные корреляции указывают на преобладающее влияние орографии на формирование климата бассейна и его изменения с высотой. Выявлена взаимосвязь структуры почвенного покрова и растительности с климатом и абсолютной высотой.

Ключевые слова: температура воздуха, сумма эффективных температур, атмосферные осадки, коэффициент увлажнения, почвы, растительность.

Введение

Повышение эффективности сельскохозяйственного производства для Республики Таджикистан имеет первостепенное значение. Потому что, Таджикистан обладает ограниченными земельными ресурсами особенно бассейн реки Зеравшан [1]. Поэтому, одной из задач повышения эффективности сельскохозяйственного производства является разработка и внедрение в производство адаптивно-ландшафтного земледелия, учитывающего наряду с другими факторами состояние климата [2]. Последнее наряду с другими составляющими развития сельскохозяйственного производства предусматривает максимально возможное использование солнечной энергии сельскохозяйственными культурами.

В новых социально-экономических условиях хозяйствования, определяющих новую систему землепользования с увеличением количества фермерских и дехканских хозяйств, произошло усиление антропогенного воздействия на окружающие ландшафты. Особенно это наблюдается в ландшафтах богарной зоны, на-

ходившихся до этого в квазиравновесном состоянии. Поэтому расширение земледелия, за счёт вовлечения в сельскохозяйственное производство целинных земель богарной зоны, без соответствующих научно обоснованных рекомендаций и технической оснащённости, привело к усилению деградации биогеоценозов.

Общеизвестно, что темпы антропогенного воздействия на природную среду значительно определяют темпы естественной эволюции природной среды, неотъемлемым компонентом которой является почвенный покров. Поэтому научно-исследовательские работы, в этом направлении призваны не только увеличить производительность земли в соответствии с их потенциальными возможностями и климатическими факторами, но и защитить почвенный покров от дальнейшей деградации.

Адаптивно-ландшафтное земледелие призвано обеспечить дифференциацию земель по их функционально - целевому назначению в зависимости от почвенного плодородия, наличие влаги, тепла и определить оптимальное размещение сельско-

хозяйственных культур, структуры посевных площадей и специализацию хозяйств.

Большое разнообразие природно-климатических условий в бассейне реки Зеравшан определяется климатической вертикальной зональностью обусловившей формулирование вертикальной почвенной и растительной поясности [3]. В совокупности почвенно-климатические зоны обладают специфическими присущими только им гидротермическим режимом, процессами почвообразования, типами почв, характером и интенсивностью деградации почв, набором возделываемых сельскохозяйственных культур. Это определяет дифференцированный подход к развитию аграрного производства с учетом потенциальной возможности конкретной почвенно-климатической зоны.

Для научного обоснования высотных границ возможного земледелия для различных сельскохозяйственных культур нами были использованы имеющиеся климатические данные.

Геологическое строение

В олигоцен миоценовое время происходила активизация тектонических процессов. В этот геологический отрезок времени и произошло образование Таджикской депрессии, а также Зеравшанской и Ферганской долины. Определение «Таджикская депрессия» имеет не орографическое, а геологическое толкование потому, что она объединяет как впадины, так и высокие хребты, их объединяет то, что, все они сложены мезо-кайнозойскими отложениями.

В целом Таджикская депрессия представлена серией хребтов меридионального направления, веерообразно расходящихся на юг и на запад [4]. Вся история рельефообразования и осадконакопления Северного Таджикистана связана с тектоническими движениями Альпийского этапа.

В Альпийский период орогенеза были образованы Зеравшанский, Туркестан-

ский хребты. При отступании моря в период формирования горных хребтов образовывались лагуны, в которых накапливались лагунно-континентальные соленосные отложения. В совокупности соленосные породы оказывают влияние на современный геохимический режим четвертичных отложений. Долина реки Зеравшан представляет собой узкую межгорную синклиналь. Зеравшанский и Туркестанский хребты сложены среднепалеозойскими и силурийскими отложениями.

Четвертичные отложения долины реки Зеравшан не имеют широкого распространения, так как террасовые уровни в узкой долине плохо сохранились. Рельеф представлен небольшими участками речных террас Душанбинского комплекса Q3 соотносящихся с грядой конечных морен последнего оледенения у села Де-хауз. Амударьинский комплекс Q4 сложен первой надпойменной террасой и отложениями конусов выноса. Илякский комплекс представлен в основном низкой и высокой террасами разделенных крупным уступом. Наиболее распространена низкая Илякская терраса с аллювиальными отложениями. Низкие террасы сопрягаются с моренами древнего оледенения фрагменты, которого сохранились у сел Пальдорак и Демнора. Вахшская терраса Q1 прослеживается в восточной части долины, является эрозионной, в западной является эрозионно-аккумулятивной. Аккумулятивная часть представлена мощными конгломератами.

Поверхность террас сложена суглинистым материалом с включением грубобломочного каменистого материала [5-6]

Климат

Субтропический регион Таджикистана расположен далеко от морских пространств. Западная часть открыта для поступления теплого и влажного воздуха из Средиземного моря. Горные хребты, окружающие Таджикистан, препятству-

ют проникновению холодного воздуха из Сибири и Монголии и улавливают влагу западных воздушных потоков. Такие географические и орографические причины создают условия формирования кон-

тинентального климата. Климатическая характеристика дана в таблице 1. Климатическая характеристика дана по метеостанциям и гидропостам, расположенным в бассейне реки Зеравшан [7].

Таблица 1. Основные климатические параметры по бассейну реки Зеравшан.

№ п/п	Название станций и постов	Высота, м	Сумма осадков за год, мм	Ср. годовая t° , воздуха	Сумма t° , выше 10°C	Ср. годовая относительная влажность воздуха, %
1	Пенджикент (Дупули)	1015	381	12,3	3961	56
2	Дехауз	2564	365	4,1	1661	48
3	Мадрушкент	2254	243	7,2	2473	44
4	Сангистон	1522	231	11,4	3745	44
5	Искандеркуль	2204	306	6,4	2333	49
6	Иоры	1160	383			
7	Урмитан	1280	359			
8	Дашты-Козы	1245	453			
9	Худгиф	2540	362			
10	Пастигав	2040	189			
11	Реомуд	1960	238			
12	Обурдон	1880	255			
13	Зерихсор	1400	409			
14	Пинён	1781	301			
15	Такфон	1730	202			

Пояс распространения почв средиземноморского типа климата распространяется с запада на восток Евразийского континента. Восточная часть этого пояса расположена на территории Таджикистана.

Среднегодовая температура воздуха в бассейне реки Зеравшан изменяется от 4,1 до 12,3 $^{\circ}\text{C}$. В бассейне р. Зеравшан выделяются пять тепловых поясов: 1) умеренно-жаркий до высоты 1000 м; 2) теплый пояс до высоты 1800 м; 3) прохладный пояс до высоты 3000 м; 4) холодный пояс до высоты 3700 м; 5) Нивальный пояс в него входят скалы, ледники, осыпи, снежники [8].

В годовом цикле наблюдается крайне неравномерное выпадение атмосферных осадков. Максимум осадков выпадает в зимне-весенний период. Среднегодовая относительная влажность воздуха колеблется в пределах 44-56%. Наименьшая относительная влажность воздуха на-

блюдается в летние месяцы и понижается до 33-41%. Наибольшая относительная влажность достигает 70% в зимние месяцы. В целом, климат отличается континентальностью со значительным перепадом суточных температур воздуха и высокой засушливостью. Основные климатические параметры приводятся в таблице 1.

На формирование климата горы оказывают большое влияние Гиссаро-Алайская горная система (Гисарский, Зеравшанский, Туркестанский хребты) ориентированные в широтном направлении являются барьером для вторжения воздушных арктических масс и защищают долины Таджикистана от проникновения холодного воздуха. Решающую роль в режиме атмосферного увлажнения играет орографический фактор. В условиях орографической затененности количество осадков резко уменьшается. Поэтому на одних и тех же высотах в разных речных долинах количество осадков меняется в

широких пределах. Температура воздуха меньше зависит от орографии и равномерно изменяется с высотой местности [1, 3, 9-10].

Северный Таджикистан отличается более низкой среднегодовой температурой воздуха и меньшей суммой активных температур более 10° на одних и тех же высотах. Это обусловлено более высокой широтой местности 39,5°-41,0° с.ш.

Растительность

Горный характер местности и сложная орография создали значительную пестроту климатических условий, вследствие чего, на территории бассейна реки Зеравшан сформировался исключительно разнообразный растительный мир. При исследовании ландшафтов изучение растительности имеет большое значение.

Во-первых, в агроландшафтах это ценные кормовые, технические, лекарственные и овощные культуры, которые определяют экономический потенциал сельскохозяйственного производства.

Во-вторых, растительность является индикатором состояния ландшафтов в целом, его зеркалом, тонко реагирующим на климат, характер рельефа, экспозицию, состояние почвенного покрова и антропогенное воздействия человека.

В зависимости от климатического пояса, грунтового увлажнения и типа почв происходит смена растительности. В низовьях Зеравшанской долины в богарной зоне эдификатором травянистой растительности являются полынь туранская (*Artemisia turanika*). Разреженный травяной покров представлен эфемерами (*Carex physodes*, *Anisanthatectorum*, *Bromus danthoniae*, *Poa bulbosa*) [11]. Гидроморфные ландшафты этого пояса включают древесную тугайную растительность – туранга (*Ponulus pruinosa* Schrenk), лох (*Elacagnus angustifolia*), нижний ярус растительности представлен гребенщиком (*Tamarix ramosissima* Ledeb) Галофиты на засоленных гидроморфных землях пред-

ставлены, солянкосником (*Halostachys caspica*) и разными видами однолетних солянок (*Salosla soda*, *Climacopteretia crassae*).

Пояс горных светло-коричневых почв представлен эстрагоново-типчачовыми ассоциациями (*Artemisia dracunculoides*, *Adonis turkestanica*, *Festuca valesiaca*). Значительное распространение имеют эфедра (*Ephedra intermedia* Schrenk, *E. Regeliana* Florin), типчак (*Festuca valesiaca*). Широкое распространение имеют розарии, барбарис, жимолость. Встречаются редкие деревья клена, арчи. Пояс горных почв арчевых лесов. Данный пояс характеризуется ассоциацией хвойной древесной растительности с господством ксерофитных, криофитных, микротермных деревьев и стлаников. Можжевельник представлен следующими видами: *Juniperus turkestanica*, *J. seravshanica*, *J. sibirica* Byrgsd, *J. Seviglobosa* [12].

Для нижней части пояса в сообществах древовидной арчи характерны травянистые эфемеровые ассоциации. Здесь соэдификаторами являются *Ziziphora pamiroalaica*, *Acantholimon velutinum* Czerniak.

Почвенный покров

Пояс распространения почв среднеземноморского типа климата распространяется с запада на восток Евразийского континента. Восточная часть этого пояса расположена на территории Таджикистана.

На северо-востоке депрессии, включающей бассейн р. Зеравшан, вклинивается фрагмент северо-таджикской поясности, с горными светло-коричневыми почвами, которые на не смытых почвах содержат реликтовые признаки почвообразования более влажного среднеголоценового периода. Классификация и высотные границы поясов почв даны по Кутеминскому [13]. В настоящее время в некоторых публикациях используется неверная устаревшая классификация почв

Зеравшанской долины [14], которая не соответствует современной принятой в Таджикистане классификации.

Почвы в настоящее время, находятся в разной степени деградации. Степень деградации обусловлена естественной и антропогенной эрозией. Почвы бассейна формируются в аридной зоне. По типу увлажнения почвы делятся на автоморфные, с импермацидным водным режимом, занимающие основные площади сероземного пояса, и гидроморфные, с эксудационным водным режимом, формирующиеся на высоких поймах р. Зеравшан и ее боковых притоках.

Автоморфные сероземные почвы, западной части бассейна, формируется в основном на лессах и лессовидных суглинках речных террас и невысоких адырах, а также на щебнисто-каменистых отложениях конусов выноса. Основная площадь орошаемого земледелия находится на западе долины в поясе темных сероземов. Количество гумуса варьирует в пределах 1,4-2,6% в гумусовом горизонте. Содержание углекислого кальция колеблется от 7,0% до 21,0%. Сероземные почвы подвержены естественной и ирригационной эрозии. Земли используются под орошаемое земледелие и зимние выпаса.

Горные светло коричневые почвы занимают более высокий пояс, формируются при меньшем количестве атмосферных осадков, но в более холодных условиях, отличаются более высоким содержанием гумуса, увеличивающимся от светло коричневых карбонатных-3-4%, до светло коричневых выщелоченных 5-6% в гумусном горизонте. В светло коричневых карбонатных почвах количество CaCO_3 в гумусовом горизонте составляет несколько процентов, максимум его (до 30%) находится в карбонатном горизонте. Механический состав почв более тяжелый с максимальным содержанием физической глины в метаморфическом горизонте Bm . Сумма поглощенных оснований варьиру-

ет в пределах 24-42 мг.экв. в гумусовом горизонте, при этом, наибольшая емкость поглощения наблюдается в светло коричневых выщелоченных почвах. Горные светло коричневые почвы повсеместно подвержены водной эрозии, этому способствует уклоны местности, антропогенная деятельность человека и ливневые дожди большой интенсивности, обуславливающие поверхностный сток. Пояс горных светло коричневых почв в основном используется под богарное, орошаемое земледелие, сенокосы и выпаса. Светло коричневые выщелоченные почвы не содержат карбонатов кальция в профиле. Реакция почвенной среды варьирует от слабокислой до щелочной, pH изменяется от 6,2 до 8,6. Сумма поглощенных оснований находится в пределах 27-56 мг.экв. Механический состав почв тяжелосуглинисто - глинистый и реже среднесуглинистый. Почвы подвержены водной эрозии. Сельскохозяйственное использование почв ограничивается температурным режимом, поэтому данные ландшафты используются под богарное земледелие, сенокосы и выпаса. Пояс высокогорных степных почв, в пределах исследуемого бассейна, занимает наиболее высокие отметки местности и граничит с нивальной зоной.

Почвы формируются на отложениях коренных пород, обладают легко-среднесуглинистым механическим составом с включением щебня, камней и дресвы. Количество гумуса в среднем не превышает 6% в гумусовом горизонте, а сумма поглощенных оснований до 23 мг. экв. Карбонаты кальция в почвенном профиле отсутствуют. Почвы обладают слабокислой и реже нейтральной реакцией среды (pH = 6,1-7,0). Почвы в разной степени эродированы и используются исключительно под летние выпаса.

Горные почвы арчевых лесов распространены в Северном Таджикистане и гипсометрически находятся выше свет-

ло-коричневых почв. Основные площади почв арчевых лесов приурочены к Зеравшанскому и Туркестанскому хребтам. В данном типе почв выделяются подтипы: горные почвы арчевых лесов оторфованные и дерновые. Каждый из подтипов включает род карбонатных и выщелоченных почв. Почвы формируются на делювии коренных пород с средне-тяжелосуглинистым гранулометрическим составом. Количество гумуса варьирует в гумусовом горизонте в пределах 5,0-2,5%. В карбонатной почве углекислый кальций выщелочен до глубины 14-30 см. В выщелоченной почве профиль почв полностью декарбонизирован. Реакция почвенной среды изменяется от слабокислой ($pH = 6,82$) до слабощелочной ($pH = 7,4$). Почвы подвержены водной эрозии и используются под летние выпаса.

Методика исследований, основана на анализе гидроклиматических данных.

Определение изменения гидроклиматических характеристик в зависимости от абсолютной высоты местности выполнялась по всем станциям и постам бассейна р. Зеравшан. Для оценки параметров климата нами использованы климатические данные гидрометеорологических станций и постов, которые расположены на высотах от 1015 м. до 2564 м.

Анализировались данные температуры из 5 станций, данные осадков из 15 станций и постов. Коэффициент увлажнения по Иванову был рассчитан по 5 станциям. Была выполнена функциональная зависимость климатических параметров от абсолютной высоты. На основании полученных цифровых данных построены аппроксимирующие кривые функции климатических параметров от высоты с определением коэффициента корреляции (табл. 2).

Таблица 2. Функции расчета климатических параметров для бассейна р. Зеравшан.

Бассейн	Параметр	Функция	R2
Зеравшан	T 0C/ год	$y = -0.0047 + N + 16807$	0.9236
Зеравшан	T0C > 10 0C	$y = -1.5/56 + N + 5732.1$	0.9433
Зеравшан	P мм / год	$y = 0.003 + N^2 - 0.973 + N + 1177.7$	0.5533
Зеравшан	Ky	$y = 0.0000005 + N^2 - 0.0019 + N + 1.92$	0.7537

По бассейну реки Зеравшан функции среднегодовой температуры воздуха и суммы активных температур более 10°

имеют высокие коэффициенты корреляции с высотой $R^2=0,9378$ и $R^2=0,9433$ соответственно (рис. 1).

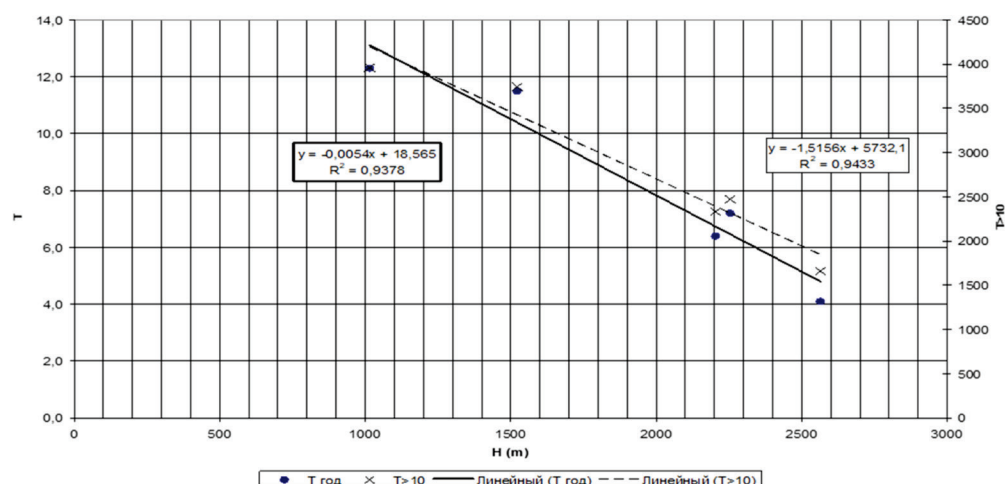


Рисунок 1. Среднегодовая температура воздуха и сумма температур больше 10° по бассейну р. Зеравшан.

Одним из важных показателей влагообеспеченности растений является отношение количества осадков к испаряемости. К настоящему времени существует несколько подходов для определения этого показателя предложенных в свое время разными исследователями (Селянинов, Будыко, Колосков, Попов, Джалилов). Нами использован показатель увлажнения, разработанный Ивановым [11]. Предложенный им коэффициент увлажнения выражает отношение суммы годовых осадков к годовой испаряемости. Коэффициент увлажнения (K_u) является

важным показателем, определяющим вертикальную почвенную зональность на типовом и под типовом уровнях. Кроме этого, в богарном земледелии коэффициент увлажнения, отражающий многолетние метеорологические данные по осадкам и испаряемости, позволяет определить нижнюю границу богарного земледелия. Для орошаемого земледелия коэффициент увлажнения может быть косвенно использован для определения верхней границы культивирования теплолюбивых культур, таких как хлопок (табл. 3).

Таблица 3. Коэффициент увлажнения (K_u) по бассейну реки Зеравшан.

№ п/п	Метеостанции и гидропостов	Высота, м	Коэф. увлажнения
1	Пенджикент (Дупули)	1015	0,541
2	Дехауз	2564	0,477
3	Мадрушкент	2254	0,225
4	Сангистон	1522	0,188
5	Искандеркуль	2204	0,400

По бассейну реки Зеравшан (рис.2) функция осадков от высоты выражается уравнением $y = 0,1104x + 50,523$, коэффициент корреляции низкий $R^2 = 0,612$.

Коэффициент увлажнения выражается корреляционной зависимостью $y = 0,0002x - 0,2028$, при $R^2 = 0,609$ P мм/год K_w – полином (P мм/год) – полином (R_w)

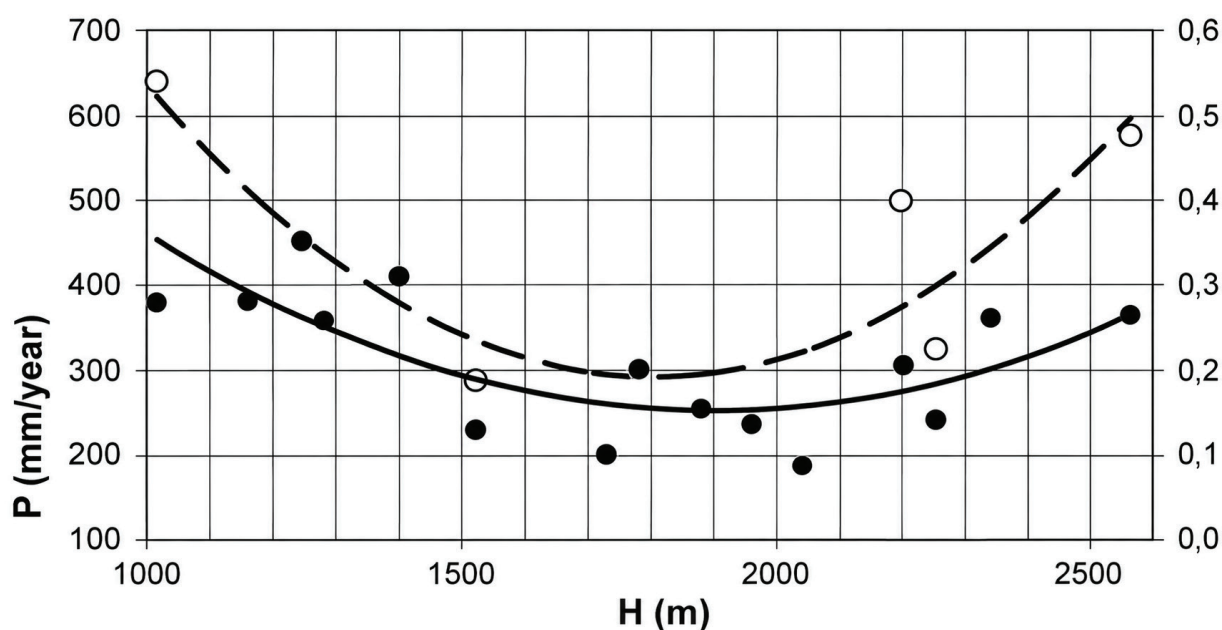


Рисунок 2. Годовое количество осадков и коэффициент увлажнения по бассейну.

Обсуждение результатов

Климатические параметры в долине реки Зеравшан указывают на хорошую функциональную зависимость температуры от высоты местности с хорошей корреляцией 0,92 для среднегодовой температуры и 0,94 для суммы температур > 10 градусов. В долине Зеравшана наблюдается медленное падение температуры с высотой составляющая 0,53 градуса на 100 метров высоты. Это меньше изменения градиента температур с высотой в среднем по Таджикистану.

Атмосферные осадки с запада долины на восток с начало уменьшаются до высоты 2000 метров дальше с увеличением высоты количество атмосферных осадков несколько увеличивается. Наблюдаемое изменение осадков по высоте характерно для северного Таджикистана. Как правило с увеличением высоты количество атмосферных осадков увеличивается до высоты 2000-2400 метров, а выше уменьшаются. Коэффициент увлажнения находится в прямой зависимости от осадков и температуры воздуха. В соответствии с этим связано формирование почв и растительности. Соотношение температуры воздуха, атмосферных осадков и Кф увлажнения в долине реки Зеравшан свидетельствует о несоответствии климатических параметров, существующих на почвенных картах типам почв. Для уточнения границ и типовой принадлежности типов и подтипов почв необходимы дополнительные углубленные исследования.

До настоящего времени в Таджикистане определение высотных границ возделывания сельскохозяйственных растений в основном носили эмпирический характер без должного научного обоснования использования для этого гидротермических, Агро биоклиматических показателей [15]. Сведения, имеющиеся в литературе, о верхних границах возделывания сельскохозяйственных культур не одно-

значны. Кроме этого, в одних источниках верхняя граница дана в метрах, в других приводится по сумме активных температур более 10°, что затрудняет их сравнение фермерами.

Выводы

Каждый бассейн реки обладает только ему присущими климатическими условиями. Соотношение температуры, осадков и Кф. увлажнения определяет формирование комплексной экосистемы с набором специфических типов почв и растительности.

В Таджикистане впервые получены функции зависимости климатических параметров от высоты местности по отдельным бассейнам рек. Оценка климатических параметров в зависимости от высоты местности дает возможность по-новому оценить высотные границы размещения сельскохозяйственных культур.

Используя графические данные по температуре и осадков, можно определить абсолютные высоты с искомыми параметрами и наоборот, используя высоты можно определить соответствующую им температуру и количество осадков в разрезе отдельно взятого бассейна реки с интервалом 100 м по вертикали. По графикам также можно определить вертикальные границы с оптимальным соотношением тепла и влаги необходимым для возделывания определенных сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Курбонов, Н.Б. Формирование состава водных ресурсов бассейна р. Зерафшан. Влияние изменения климата на условия формирования и химического состава водных ресурсов БРЗ. Монография / Н.Б. Курбонов, Г.Т. Фрумин. - LAP Lambert Academic Publishing, 2021. - 145 с.
2. Курбонов, Н.Б. Сравнительная оценка использования водно-земельных ресурсов плато Хатлонской области (Таджикистан) и штата Небраски (США) / Н.Б. Курбонов, А.А. Абдуллозода // Молодой ученый. - 2023. - №18 (465). - С.176-185. - EDN IOHVDI.
3. Курбонов, Н.Б. Климато-географический анализ влияния температурного режима на

- деградацию ледников бассейна реки Зерафшан / Н.Б. Курбонов // География и водные ресурсы. - 2022. - №3. - С.15-25. - <https://doi.org/10.55764/2957-9856/2022-3-15-25.14>.
4. Бурачек, А.Р. Геоморфология Южно-Таджикской депрессии / А.Р. Бурачек // ТКЭ, в. IV. - 1934. - С.16-29.
 5. Васильев, В.А. Стратиграфия четвертичных отложений Таджикистана / В.А. Васильев // В кн. Новейший этап геологического строения территории Таджикистана. - Душанбе, 1962. - С.5-34.
 6. Захаров, С.А. Стратоструктуры мезо-кайнозоя Таджикской депрессии / С.А. Захаров. - Сталинабад, АН Таджик. ССР, 1958.
 7. Справочник по климату СССР. Вып.31. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. - Ленинград, 1969. - 212 с.
 8. Ускова, Р.А. Тепловые пояса Зеравшанской долины как фактор ее климатических ресурсов / Р.А. Ускова // Съезд Всесоюзного географического общества: тезисы докладов. - Душанбе, 1980. - С.82-84.
 9. Finaev, A.F. Soils with Mediterranean type of climate: Fast part of Central Asia / A.F. Finaev, P.M. Sosin // VIth JMSMTC, Barcelona, 1999. - P.4.
 10. Коннов, А.А. Изучение арчёвников в Шахристане / А.А. Коннов // Тезисы докладов Третьего совещания по проблеме биоконплексов аридной зоны СССР, 1961. - Вып.1. - С.26-29.
 11. Иванов, И.И. Зоны увлажнения земного шара / И.И. Иванов // Записки географического общества. - М.-Л.: Изд. АН СССР. - 1941. - Т.1. - 224 с.
 12. Кутеминский, В.Я. Почвы Таджикистана / В.Я. Кутеминский, Р.С. Леонтьева. - Душанбе: Ирфон, 1966. - 223 с.
 13. Абдушукуров, Д.А. Прибрежные почвы бассейна реки Зеравшан на территории Республики Таджикистан / Д.А. Абдушукуров, В.П. Салодухин, Г.Б. Анварова и др. // Водные ресурсы, гидроэнергетика и экология. 2021. - Т.1. - №1. - С.177-182.
 14. Шашко, Д.И. Агроклиматическое районирование СССР / Д.И. Шашко. - М.: Колос, 1967. - 335 с.
 15. Сосин, П.М. Климатические условия формирования почв средиземноморского типа / П.М. Сосин, А.Ф. Финаев // Археология и палеоэкология Евразии. - Новосибирск: Институт археологии, 2004. - С.348-350.

ХУСУСИЯТИ ЭКОЛОГИЮ ИҚЛИМИИ ҲАВЗАИ ДАРӢИ ЗАРАФШОН

Сосин П.М.^{1,*}, Шаймуратов Ф.И.¹, Махмудов А.Н.¹

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

*Муаллифи масъул. E-mail: psosin46@mail.ru

Шарҳи мухтасар. Дар ин мақола параметрҳои иқлимӣ, ки ҷаъолияти ҷузъҳои асосии экосистемаи ҳавзаи дарӢи Зерафшонро муайян мекунад, баррасӣ мешаванд. Маълумоти асосии иқлимӣ аз истоҳҳои мавҷудаи метеорологӣ дар ҳавза истифода мешаванд. Коррелятсияҳои графикаи ҳарорати миёнаи солони, ҳарорати муассир, боришоти солони ва коэффисienti намӣ бо баландӣ ба даст оварда шудаанд. Коррелятсияҳои бадастомада таъсири бартаридоштаи орографияро ба ташаккули иқлими ҳавза ва тағирёбии он бо баландӣ нишон медиҳанд. Робитаи байни сохтори қабати хок ва растани, иқлим ва баландии мутлақ ошкор карда мешавад.

Калидвожаҳо: ҳарорати ҳаво, ҷамъи муассири ҳарорат, боришот, коэффисienti намӣ, хокҳо, растани.

ECOLOGICAL AND CLIMATIC CHARACTERISTIC OF THE ZERAVSHAN RIVER BASIN

Sosin P.M.^{1,*}, Shaimuradov F.I.¹, Makhmudov A.N.¹

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

*Corresponding author. E-mail: psosin46@mail.ru

Abstract. This article examines the climatic parameters that determine the functioning of the main components of the Zerafshan River basin ecosystem. Key climatic data from existing meteorological stations in the basin are used. Graphical correlations of the mean annual temperature, effective temperature, annual precipitation, and

moisture coefficient with elevation are obtained. The obtained correlations indicate the predominant influence of orography on the formation of the basin's climate and its changes with elevation. A relationship between the structure of the soil cover and vegetation, climate, and absolute altitude is revealed.

Keywords: air temperature, effective temperature sum, precipitation, moisture coefficient, soils, vegetation.

Маълумот дар бораи муаллифони. Сосин Петр Михайлович – ходими калони илмӣи лабораторияи моделкунонии захираҳои об ва равандҳои иқлимӣи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел.: (+992) 91-900-17-25, E-mail: psosin46@mail.ru; Шаймурадов Фирдавс Иноятovich – номзади илмҳои техникӣ, ходими пешбари илмӣи озмоишгоҳи сифати оби Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел.: (+992) 888-88-82-20, E-mail: sh.firdavs-80@mail.ru; Маҳмудов Абдувосит Нозирович – ходими илмӣи лабораторияи моделкунонии захираҳои об ва равандҳои иқлимӣи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел.: (+992) 938488786, E-mail: abduvosit88makhmudov@gmail.com.

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) 91-900-17-25, E-mail: psosin46@mail.ru; Шаймурадов Фирдавс Иноятovich – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории качества воды Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, Тел.: (+992) 888-88-82-20, E-mail: sh.firdavs-80@mail.ru; Махмудов Абдувосит Нозирович – научный сотрудник лаборатории моделирования водных ресурсов и климатических процессов Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, Тел.: (+992) 93-848-87-86, E-mail: abduvosit88makhmudov@gmail.com.

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, Phone: (+992) 91-900-17-25, E-mail: psosin46@mail.ru; Shaimuradov Firdavs Inoyatovich – Candidate of Technical Sciences at the Laboratory of Water Quality of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of National Academy of Science of Tajikistan, Phone: (+992) 888-88-82-20, E-mail: sh.firdavs-80@mail.ru; Makhmudov Abduvosit Nozirovich - 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, Phone: (+992) 938488786, E-mail: abduvosit88makhmudov@gmail.com.

УДК 504.4.054

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ВОД ТАДЖИКСКОГО УЧАСТКА РЕКИ СЫРДАРЬЯ

Ходжизода С.К.^{1,*}, Маликисломова Ш.Н.²

¹Горно-металлургический институт Таджикистана,

²Таджикский государственный университет права, бизнеса и политики,

*Автор-корреспондент: saidmukbil@mail.ru

Аннотация. В работе рассматривается уровень загрязнения нефтепродуктами поверхностных вод таджикского участка реки Сырдарья. На основе полевых отборов проб и лабораторного анализа определены концентрации нефтепродуктов и проведено их сравнение с действующими нормативами предельно допустимых концентраций (ПДК) для хозяйственно - бытового и рыбохозяйственного водопользования. Показано, что в ряде точек наблюдается превышение ПДК, что свидетельствует о значительной антропогенной нагрузке на водную экосистему. Для выполнения исследования использовался концентратометр типа КН-2м.

Ключевые слова: река Сырдарья, нефтепродукты, поверхностные воды, предельно допустимая концентрация, антропогенное загрязнение, мониторинг качества воды, экологическое состояние.

Введение

Стремительное развитие научно-технического прогресса, особенно его революционный этап в XXI веке, наряду

с несомненными достижениями в промышленности, энергетике и транспорте, обусловило усиление антропогенной нагрузки на природные экосистемы. Интен-

сификация хозяйственной деятельности, рост промышленного производства, увеличение объёмов добычи и переработки сырья, а также развитие транспортной инфраструктуры привели к существенному ухудшению состояния окружающей среды. Одной из наиболее уязвимых природных систем являются водные ресурсы, испытывающие постоянное воздействие со стороны промышленных, сельскохозяйственных и коммунально-бытовых источников загрязнения [1-5].

Материалы

В нашем регионе наиболее заметным проявлением антропогенного воздействия является загрязнение реки Сырдарья - одной из крупнейших водных артерий Центральной Азии, играющей важную роль в обеспечении населения водой, развитии сельского хозяйства, энергетики и рыбного хозяйства [6, 7].

Протекая по территории Согдийской области Республики Таджикистан, Сырдарья аккумулирует и переносит значительное количество взвешенных веществ и химических соединений различного происхождения. Существенная часть этих загрязнителей поступает в реку с промышленными и бытовыми сточными водами, а также с поверхностным стоком с сельскохозяйственных угодий. В результате в водную систему попадают тяжёлые и радиоактивные металлы, биогенные элементы, органические соединения и, в частности, нефтепродукты [8-10].

Особую роль в накоплении загрязняющих веществ играет Кайраккумское водохранилище (Бахри Точик), расположенное на таджикском участке реки. В условиях замедленного водообмена происходит осаждение взвешенных частиц и накопление токсичных компонентов в

донных отложениях, что может привести к вторичному загрязнению воды и негативно отражаться на гидробионтах и качестве водных ресурсов в целом [11, 12].

Проблема загрязнения вод реки Сырдарья, особенно нефтепродуктами, в последние годы приобретает всё большую актуальность. Это обусловлено ростом промышленной активности, развитием транспортной инфраструктуры, увеличением объёмов добычи и переработки углеводородного сырья, а также расширением урбанизированных территорий. Нефтепродукты относятся к числу приоритетных загрязнителей водных экосистем, поскольку даже при незначительных концентрациях они оказывают токсическое воздействие на гидробионтов, нарушают процессы самоочищения водоёмов и ухудшают качество воды, используемой для хозяйственно-питьевых и ирригационных нужд. В связи с этим особое значение приобретает систематический экологический мониторинг, анализ пространственно-временной динамики загрязнения и разработка эффективных природоохранных мероприятий [13-15].

Метод

С целью оценки уровня загрязнения нами было проведено исследование содержания нефтепродуктов в таджикской части реки Сырдарья с применением современного аналитического оборудования - концентратомера типа КН-2м (рис. 1). Использование данного прибора позволяет проводить количественное определение нефтепродуктов с высокой степенью точности и воспроизводимости результатов. Методика анализа основана на экстракции нефтепродуктов из водных проб с последующим инструментальным измерением их концентрации.

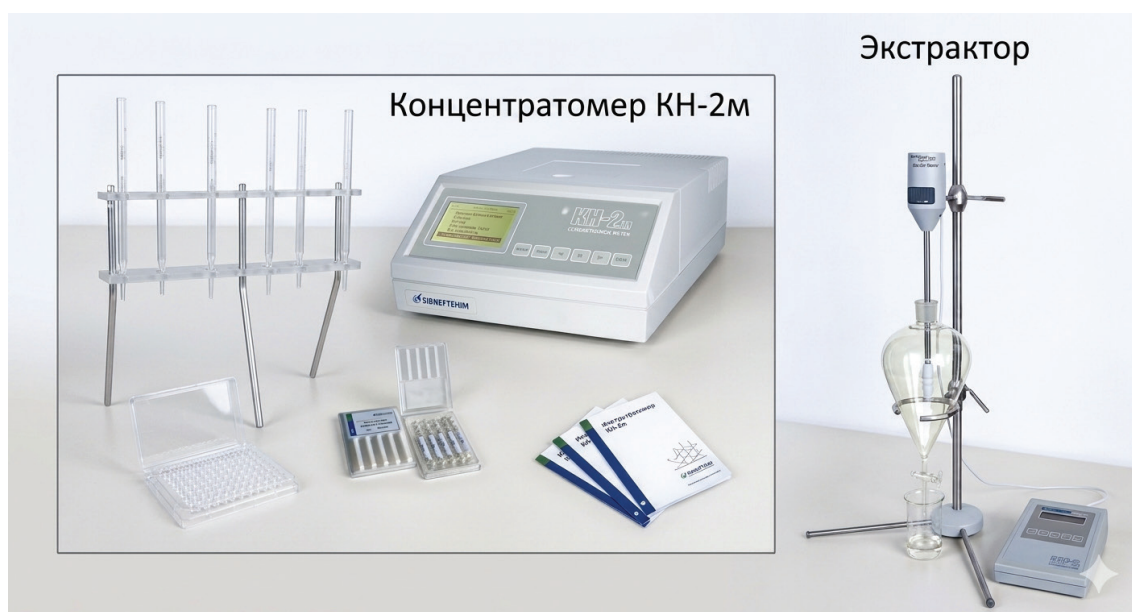


Рисунок 1. Внешний вид концентратора типа КН-2м.

Концентратор типа КН-2м обладает широкими аналитическими возможностями и применяется для определения суммарного содержания нефтепродуктов в природных водах. Высокая чувствительность прибора позволяет фиксировать даже низкие концентрации загрязнителей, что особенно важно при проведении экологического мониторинга и оценке соответствия показателей установленным нормативам.

В состав аналитического прибора входят концентратор типа КН-2м, экстрактор для извлечения нефтепродуктов из проб, хроматографическая колонка для очистки экстракта от сопутствующих примесей, а также стандартные образцы нефтепродуктов, используемые для калибровки прибора и обеспечения точности измерений. Комплексное применение данного оборудования обеспечивает надёжность получаемых данных и позволяет объективно оценить степень загрязнения водной среды.

Отбор проб воды в таджикской части реки Сырдарья осуществлялся в соответствии с общепринятыми требованиями экологического мониторинга поверхностных вод. Пробы отбирались в восьми точках в течение шести месяцев, при этом

отбор проводился в каждую декаду месяца.

Пункты отбора были выбраны с учётом гидрологических особенностей русла (точки отбора привязаны к координатам), наличия потенциальных источников загрязнения (промышленных и коммунальных сбросов, сельскохозяйственных территорий), а также зон интенсивного водопользования (рис. 2).

Пробы воды отбирались на входе реки в территорию Таджикистана, а также ниже по течению - для оценки степени трансформации и разбавления загрязняющих веществ. Такой подход позволил провести сравнительный анализ и выявить пространственную динамику содержания нефтепродуктов.

Отбор проб проводился с поверхности (глубина 0,3–0,5 м) и, при необходимости, из придонного слоя с использованием пробоотборника, обеспечивающего минимальное нарушение структуры воды. Для анализа применялись стеклянные ёмкости объёмом 1,0 л с притёртыми пробками, предварительно промытые дистиллированной водой и органическим растворителем во избежание вторичного загрязнения.



Рисунок 2. Карта таджикской части бассейна реки Сырдарья с обозначением мест отбора проб воды

Перед отбором ёмкости ополаскивались исследуемой водой. Пробы заполнялись полностью, без образования воздушных пузырей, чтобы предотвратить потери летучих фракций нефтепродуктов. После отбора образцы маркировались с указанием даты, времени, координат точки отбора и гидрологических условий.

Для предотвращения изменения химического состава пробы хранились в затемнённых условиях при температуре $+4^{\circ}\text{C}$ и доставлялись в лабораторию в кратчайшие сроки (не более 24 часов). При необходимости проводилась консервация образцов в соответствии с требованиями методики анализа.

После выполнения всех процедур пробоподготовки, включающих экстракцию нефтепродуктов из отобранных проб, сорбции примесей с оксидом алюминия, и калибровки концентромера типа КН-2м, проводился непосредственный аналитический измерительный процесс. Анализ позволил определить концентрации нефтепродуктов в каждой из проб с учётом установленных стандартов и градуировочных кривых.

Результаты

Полученные результаты систематизировали и представили в таблице 1, что позволило наглядно отразить вариацию содержания нефтепродуктов в разных точках отбора и провести последующий статистический анализ данных.

По полученным данным видно, что концентрации нефтепродуктов по всем точкам отбора проб и за весь период наблюдений превышают как ПДК для рыбохозяйственных водоёмов (ПДК_{рыб}), так и нормативы для хозяйственно бытового водопользования (ПДК_{хоз}), что свидетельствует о выраженном загрязнении реки нефтяными углеводородами. Это позволяет предположить, что по течению реки располагаются антропогенные источники, из которых нефтепродукты регулярно или эпизодически поступают в водный поток (промышленные и коммунальные стоки, утечки при транспортировке и хранении топлива, сброс сточных вод без достаточной очистки).

Таблица 1. Концентрации нефтепродуктов в пробах речной воды по периодам исследования

№ п/п	Период исследования	Концентрация нефтепродуктов, мг/л								ПДК _{рыб}	ПДК _{хоз}
		1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1 месяц	15,16	8,23	27,41	29,55	29,49	55,56	364,44	480,76	0,05	0,3
2	2 месяц	33,67	188,98	178,53	246,95	240,97	182,3	387,34	174,44		
3	3 месяц	3,86	72,3	70,73	70,66	65,14	67,82	69,6	66,11		
4	4 месяц	83,41	63,21	66,46	67,83	39,55	27,68	74,13	71,97		
5	5 месяц	35,5	36,68	34,19	39,04	33,95	32,33	37,51	38,52		
6	6 месяц	6,53	29,87	29,35	31,14	27,62	24,37	29,08	32,67		

Причины превышения концентраций нефтепродуктов в речной воде могут быть следующими:

- сброс недостаточно очищенных или неочищенных промышленных и коммунальных сточных вод, содержащих нефтепродукты;
- утечки нефти и нефтепродуктов при транспортировке и хранении;
- несанкционированный сброс нефтепродуктов и отходов с автотранспорта, а также мойка техники в прибрежной зоне;
- несоблюдение технологического режима и износ очистных сооружений, приводящие к регулярному превышению ПДК в сбрасываемых стоках;
- локальные разливы топлива на берегу (АЗС, ремонтные базы, пристани), с последующим смывом нефтепродуктов в реку атмосферными осадками и талыми водами.

В данном направлении наши исследования продолжаются: планируется расширение сети точек отбора проб, увеличение длительности мониторинга, а также использование дополнительных физико-химических методов анализа, позволяющих сопоставить состав нефтепродуктов в воде с предполагаемыми источниками. Ожидается, что на основе совокупности полученных, более обширных экспериментальных данных удастся не только сделать конкретные, количественно обоснованные выводы о степени и природе

загрязнения, но и подготовить рекомендации по снижению антропогенной нагрузки и улучшению качества водной среды на изучаемом участке реки.

Выводы

Таким образом, концентрация нефтепродуктов в исследуемой речной воде на всех пунктах наблюдений и во все рассмотренные периоды стабильно превышает действующие нормативы ПДК для хозяйственно-бытового и рыбохозяйственного водопользования, что указывает на устойчивый характер загрязнения и потенциальную экологическую опасность для водной экосистемы и населения. В сложившейся ситуации возникает необходимость не только констатировать факт превышения ПДК, но и провести идентификацию и локализацию конкретных источников поступления нефтепродуктов в русло реки (промышленные и коммунальные стоки, утечки при транспортировке и хранении топлива, несанкционированные сбросы и др.) с последующей оценкой их вклада в общее загрязнение.

Литература

1. Ашуров, Х.Е. Очистка шахтной воды от тяжелых металлов с применением сульфата железа в качестве коагулята / Х.Е. Ашуров, Д.С. Давлатов, С.К. Ходжиев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2020. – № 4(52). – С. 60-64.
2. Ашуров, Х.Е. Физико-химический состав шахтных вод шахты «Мармар» / Х.Е. Ашуров, Д.С. Давлатов, С.К. Ходжиев // Наука и инновация. 2020. – №3. – С.255-261.

3. Регенерация сульфогля в оборотной схеме водоснабжения на обогатительных фабриках / М.К. Хочиен, С.К. Ходжиев, М.М. Юнусов, Б.И. Саидов // Водные ресурсы, энергетика и экология. – 2022. – Т. 2, № 4. – С. 66-71.
4. Об актуальности экологического состояния воды реки Зерафшан и стихийных бедствий, в бассейне / И.Ш. Норматов, Н.Б. Курбон, Б.Р. Холматов, А.У. Нуров // Водные ресурсы, энергетика и экология. – 2025. – Т. 5, № 1. – С. 116-123. – EDN QDUTXF
5. Оценка качества воды верхнего течения бассейна реки Зерафшан / Б.Р. Холматов, И.Ш. Норматов, З.О. Нормамедова, Н.Б. Курбон // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия естественных наук. – 2025. – № 2-4(141). – С. 181-191. – EDN JZIMLL.
6. Обзор потенциальных источников загрязнения и определение рисков аварийного загрязнения в бассейне реки Сырдарья. – 2023. – 89 с.
7. Оценка водных ресурсов и руслового баланса р. Сырдарья в пределах Республики Казахстан. – Ташкент-Алматы, 2011. – 53 с.
8. Попов, Ю.М. Исследование загрязненности реки Сырдарьи для построения комплексной оценки качества воды / Ю.М. Попов, Л.М. Павличенко, В.П. Богачев // Гидрометеорология и экология. – 1996. – №2. – С.207-223.
9. Миграция тяжелых металлов в р.Сырдарье / К.Б. Мусабеков, Х.Н. Жанбеков, А.Ф. Сёйтжанов, Д.Ш. Жетписбай // Изв. МОН, НАН РК. Сер. хим. – 2001. – №1. – С.12-14.
10. Исследование уровней радиоактивного загрязнения воды на площадках уранового наследия / М.М. Юнусов, Р.О. Азизов, М.К. Хочиен, С.К. Ходжиев // IV Международный Косыгинский Форум «Проблемы инженерных наук: формирование технологического суверенитета». Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы ключевых отраслей экономики страны»: Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы ключевых отраслей экономики страны», Москва, 20–22 февраля 2024 года. – 2024. – С.34-37.
11. Курбонов, Н.Б. Роль водохранилищ в формировании гидроэкологической ситуации Центрально-Азиатского региона / Н.Б. Курбонов // География и водные ресурсы. – 2023. – № 3. – С. 23-31. – DOI 10.55764/2957-9856/2023-3-23-31.15. – EDN HBRBLW.
12. Ходжиев, С.К. Исследование качества питьевой воды регионов Согдийской области / З.А. Разыков, Д.Д. Ходжибаев, С.К. Ходжиев, И.И. Каландарбеков // Горный вестник Узбекистана. – 2023. – №4(95). – С.116-118.
13. Hojiev, S. The impact of the oil and gas production industry on the natural environment / Olimov A., Wenbin Sun, Hojiev S. // Применение современных технологий в учебных процессах естественных, точных и математических наук: Материалы Международной научно-практической конференции. – Бустон, 19 июня 2024. – Р.230-231
14. Бокизода, Д.З. Исследование процесса обезжелезивания отработанных растворов технологии производства крепежа / Д.З. Бокизода, З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – № 2(54).
15. Бокизода, Д.З. Исследование изменения физико-химических параметров при процессе обезжелезивания сточных вод технологии производства крепежа / Д.З. Бокизода, З.В. Кобулиев, С.К. Ходжиев // Вестник Педагогического университета. Естественные науки. – 2021. – №3-4(11-12). – С.330-334.

БАҲОДИҲИИ САТҲИ ОЛУДАШАВИИ ОБ БО МАҲСУЛОТИ НАФТӢ ДАР ҚИСМАТИ ТОҶИКИСТОНИИ ДАРӢИ СИРДАРӢ

Хочизода С.Қ.^{1,*}, Маликисломова Ш.Н.²

¹Донишқадаи қўҳию металлургии Тоҷикистон

²Донишгоҳи давлатии ҳуқуқ, бизнес ва сиёсати Тоҷикистон

*Муаллифи масъул: saidmukbil@mail.ru

Шарҳи мухтасар. Дар ин мақола сатҳи ифлосшавии обҳои сатҳӣ бо маҳсулоати нафтӣ дар қисмати тоҷикистони дарёи Сирдарё баррасӣ мешавад. Барои муайян кардани консентратсияи маҳсулоати нафтӣ ва муқоисаи онҳо бо меъёрҳои ҷорӣ консентратсияи ҳадди аксар (КҲА) барои истифодаи оби маишӣ ва моҳидорӣ, қорҳои саҳроии намунагирӣ ва таҳлили лабораторӣ иҷро карда шуданд. Нишон дода шудааст, ки консентратсия дар якҷанд нуқтаҳо аз КҲА зиёд шудаанд, ва нишон медиҳад, ки таъсири назарраси антропогенӣ ба экосистемаи обӣ вуҷуд дорад. Барои таҳқиқот консентратомери навъи КН-2т истифода шудааст.

Калидвожаҳо: дарёи Сирдарё, маҳсулоти нафтӣ, оби сатҳӣ, консентратсияи ҳадди аксар, ифлосшавии антропогенӣ, мониторинги сифати об, вазъи экологӣ.

ASSESSMENT OF THE LEVEL OF OIL POLLUTION OF WATER IN THE TAJIK SECTION OF THE SYRDARYA RIVER

Hojizoda S.Q.^{1,*}, Malikislomova Sh.N.²

¹Mining - Metallurgical Institute of Tajikistan

²Tajikistan State University of Law, Business and Politics

*Corresponding Author: E-mail: saidmukbil@mail.ru

Abstract. This paper examines the level of oil product pollution in surface waters in the Tajik section of the Syr Darya River. Field sampling and laboratory analysis were used to determine oil product concentrations and compare them with current maximum permissible concentration (MPC) standards for domestic and fishery water use. It is shown that MPCs are exceeded at several points, indicating significant anthropogenic pressure on the aquatic ecosystem. A KN-2m concentration meter was used for the study.

Keywords: Syr Darya River, oil products, surface water, maximum permissible concentration, anthropogenic pollution, water quality monitoring, environmental status.

Маълумот дар бораи муаллифон: Хочизода Саидмуқбил Қосим, доктори илмҳои техникӣ, мудири кафедраи фанҳои табиӣ-илмӣи Донишқадаи кӯхия металлургии Тоҷикистон, Тел.: (+992) 92-732-08-41, e-mail: saidmukbil@mail.ru; Маликисломова Шарифачон Наимовна, ассистенти кафедраи маркетинг - агробизнеси Донишгоҳи давлатии ҳуқуқ, бизнес ва сиёсати Тоҷикистон, Тел.: (+992) 92-899-66-56

Сведения об авторах: Ходжизода Саидмуқбил Қосим, доктор технических наук, заведующий кафедрой естественно-научных дисциплин Горно-металлургического института Таджикистана, Тел.: (+992) 92-732-08-41, e-mail: saidmukbil@mail.ru; Маликисломова Шарифачон Наимовна, ассистент кафедры маркетинга и агробизнеса Таджикского государственного университета права, бизнеса и политики, Тел.: (+992) 92-899-66-56.

Information about the authors: Hojizoda Saidmuqbil Qosim, Doctor of Technical Sciences, Head of Natural sciences chair of Mining-Metallurgical Institute of Tajikistan, Tel.: 92-732-08-41, e-mail: saidmukbil@mail.ru; Malikislomova Sharifajon Naimovna, assistant of the Department of Marketing and Agribusiness of the Tajik State University of Law, Business and Politics, Tel.: (+992) 92-899-66-56.

УДК 551.44

ОЦЕНКА РИСК ПРИРОДНЫХ ОПАСНОСТЕЙ ОТ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СУБВОДОСБОРНЫЙ БАССЕЙН ШАШВАЛОН

Имомназаров Ф.С.^{1,*}, Шарипова Ш.А.¹

¹Государственное научное учреждение "Центр изучения ледников" Национальной академии наук Таджикистана

*Автор-корреспондент. E-mail: firdavs.0389@mail.ru,

Аннотация. В статье рассматривается комплексной оценки природных угроз в малых водосборных бассейнах Раитского долина. В рамках исследования в качестве пилотного проекта один из объектов был выбран водосборный бассейн Шашвалон. Водосборный бассейн Шашвалон административно относится к Нурабадскому району, территориально к районам республиканского подчинения (РРП). Площадь водосборный бассейн реки Шашвалон составляет 40 км². Во время исследования в водосборном бассейне было выявлено что современные геологические процессы по территории суббассейн развиты очень широко и повсеместно. Наиболее развитым процессами на исследованном нами территории являются лавины, селевые потоки, оползни и камнепады, в меньшей степени подтоплению (заболачиванию), склоновая эрозия и овраг образование. В результате выполненных полевых исследований были установлены что в развитии вышеперечисленных современных процессов и явлений принимают участие различные факторы: это геологическое

строение территории и литологический состав пород, гидрогеологические, геоморфологические условия, неотектоника и сейсмичность. По результатам полевых исследования и работ составлены специализированные карты: схема карта угроз водосборного бассейна, схемы карты угроз кишлаков водосборного бассейна и гидрологическая карта водосборного бассейна. Комплексная оценка природных угроз позволила разработать рекомендации и выполнить ряд мероприятий по снижению риска и уязвимости от современных геологических процессов населённых пунктов водосборного бассейна Шашвалон от таких как селевых потоков, оползней, оврага образование, эрозии, подтопление, снежных лавин и камнепады.

Ключевые слова: водосборный бассейн, опасные геологические процессы, селевые потоки, снежные лавины, оврага образования, мероприятия по снижению риска и уязвимости

Введение

Проведённые мероприятия опираются на результаты деятельности в рамках «Интегрированного проекта по улучшению здоровья и условий проживания в Раштской долине Таджикистана» [1], который был ревизован при финансовой поддержке Швейцарского агентства по развитию и сотрудничеству (SDC) и представительства Агентства Ага Хана по хабитат (АКАН) в Республике Таджикистан. Главная цель данного проекта был заключен в проведении «комплексной оценки и разработке планов управления водосборными бассейнами Раштской долины Таджикистана» [1]. Для реализации проекта применялась методика комплексного исследования территорий водосборных бассейнов малых рек с использованием космических снимков последних лет и ГИС-технологий, что позволило выявлять и картировать активные очаги, а также изучать факторы и предпосылки развития природных гидрологических и экзогенных геологических процессов. Выполнена интерпретация современных космических снимков с целью уточнения границ территорий активного развития опасных природных процессов. Проведено аэровизуальное обследование местности для выявления очагов и зон проявления экзогенных геологических процессов, которые впоследствии были отображены на схематических картах и карте фактического материала.

Проведены пешие маршрутные исследования, направленные на детальное описание, измерение, геопривязку и фото документирование зон и участков прояв-

ления потенциальных природных угроз. Тщательно проанализированы предпосылки и факторы, способствующие процесс возникновения экзогенные геологических процессов. Разработан комплекс мероприятий, направленных на снижение природных рисков для территории водосборного бассейна и населённых пунктов, расположенных на его территории.

Методика работ

В ходе исследования определялась методика изучения процессов с использованием новых технологий ГИС по картированию современных геологических процессов. Проведён цикл полевых маршрутов, вертолетных облетов, дешифрирование спутниковых снимков для выявления и детального описания процессов в приделе субводосборного бассейна. Составлены «Карты современных геологических процессов субводосборного бассейна Шашвалон» [1].

Проведены пешие маршрутные исследования с целью детального описания, измерения, привязки и фотографирования зон и участков проявления опасных современно геологических процессов. Применялись методы дистанционного зондирования для определения зоны угроз опасно геологических процессов данного суббассейна. В дополнение к этому, в ходе исследования применялись методы полевых маршрутных обследований, позволяющие детально изучить и зафиксировать особенности исследуемой территории (рис. 1). В рамках исследования был проведён комплексный анализ данных дистанционного зондирования Земли, в частности, космических снимков высокого и

среднего пространственного разрешения. Применение данного подхода обеспечило получение объективной, воспроизводимой информации о состоянии исследуемого объекта и характере его изменений

во времени на крупном пространственном масштабе, что особенно актуально для оценки природных и антропогенных процессов.

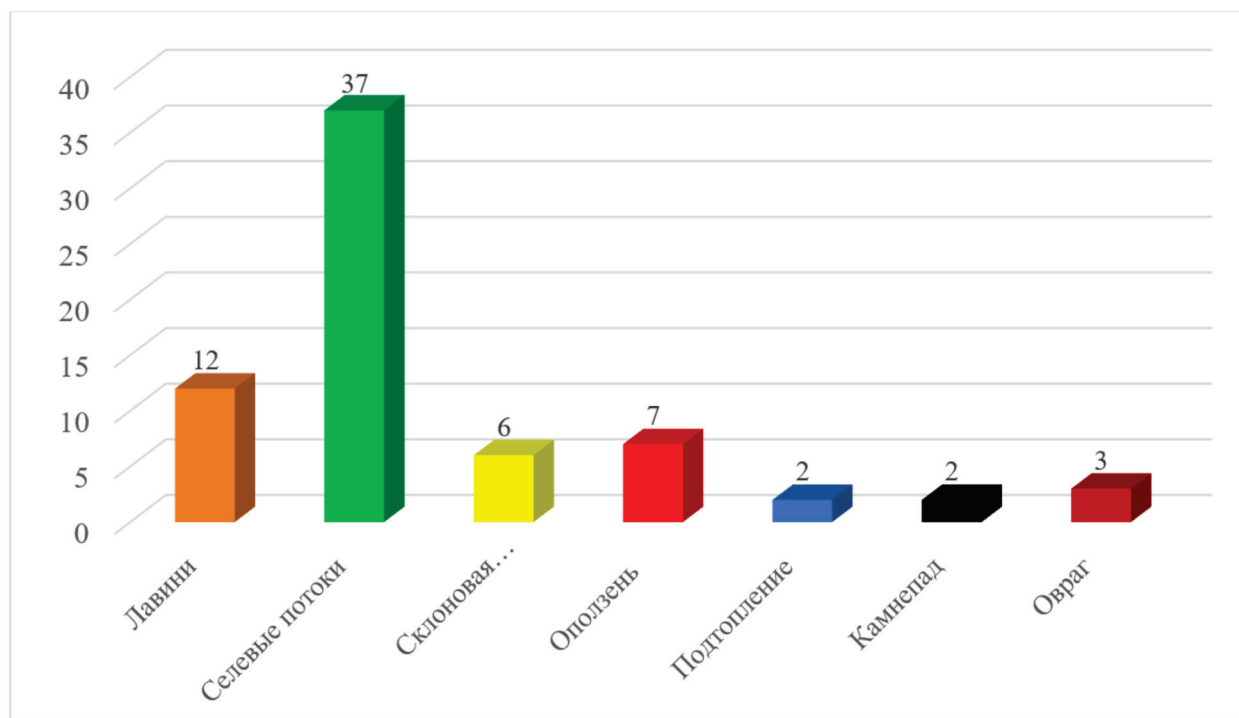


Диаграмма 1. Распределение природно-геологических угроз ВБ Шашвалон

Территория исследования

Водосборный бассейн Шашвалон (Даштигургон) административно относится к Нурабадскому району, территориально к районам республиканского подчинения (РРП). Площадь водосборный бассейн реки Шашвалон составляет 40 км², занимает севера-восточной (СВ) части трапеции J -42 -44 [2]. Длина реки Шашвалон (Даштигургон) имеет асимметричную форму, правый борт более 30° и левая борт полого вытянутая менее 20°. Левая борт долина состоит из ряд боковых сайов протяжённостью от 5 до 7 км. Абсолютные высоты на территории водосборного бассейна варьируются от 1135

м над уровнем моря (в районе слияния с рекой Вахш) до 3219,9 м (вершина горы Даштигургон, расположенная в водораздельной части бассейна). Общая протяжённость долины составляет 13,5 км. Река Даштигургон имеет юга- восточная (ЮВ) течения. Более 50 процент территории покрыта чехлом четвертичного отложения. Коренные породы обнажаются выше абсолютной высотам 1300 метров, начиная от кишлака Тутхор до водораздела [2]. Долина бассейна реки имеет асимметричную форму и состоит из два притока: Даштигургон и Гумод протяжённостью от 5 до 10 км.

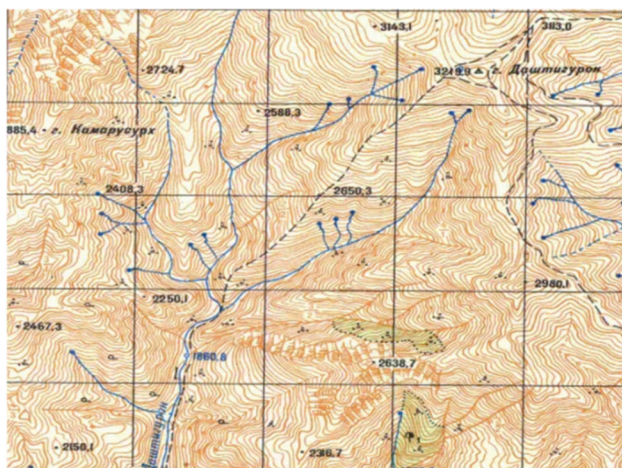


Рисунок 1. Район исследования. Верховья водосборного бассейна Шашвалон, июль 2019 г. Фото Р.Г Зарипова.

Бассейн реки Шашвалон (Даштигургон) представляет собой один из правобережных притоков реки Вахш [3-4]. Основное питание водотока осуществляется за счёт таяния сезонного снежного покрова, снежников, атмосферных осадков (в виде дождя и града), а также подземных вод, в частности источников. Тип водного питания – снегодождевой: в весенний период основную роль играет таяние обильных снегов, а в конце весны и в летние месяцы существенное значение приобретают дождевые осадки и родниковые воды. Вследствие этого наблюдается устойчивый рост риска развития опасных экзогенных геологических процессов на данной территории. В годовом гидрологическом цикле реки чётко прослеживаются два периода, представляющих наибольшую опасность для населённых пунктов и объектов инфраструктуры, расположенных в долине и ниже по течению: весенне-летний и осенне-зимний сезоны [3-4].

Весной, как правило в апреле, с наступлением устойчивых положительных температур начинается постепенный подъём уровня воды в реке. Этот процесс обусловлен активным таянием снежного покрова в нижней горной части бассейна [5]. В зависимости от температуры воздуха, подъём уровня воды может проис-



Рисунок 2. Бассейн Шашвалон (Дашти Гургон) на топографическую карту масштаб 1:10000.

ходить стремительно и достигает своего пика в мае. Именно в этот период существенно возрастает угроза выхода реки из берегов, активизации селевых процессов и, как следствие, — повреждения жилых домов, дорог, инженерных сооружений и сельскохозяйственных территорий [3-4]. Наиболее уязвимыми остаются низинные участки, прибрежные зоны и районы с высокой концентрацией рыхлого материала, способного вовлекаться в селевые потоки. Именно поэтому водосборный бассейн Шашвалон был выбран по проекту «Комплексная оценка, планирование и управления водоразделами в Раштской долине Таджикистана» для улучшения здоровья и улучшения местообитаний (ИНН) в Раштской долине Таджикистана.

Климат резко континентальный, географическое расположение района подразумевает большое количество солнечного света, сухости воздуха и крайне малого количества атмосферных осадков, так же отмечаются большие суточные перепады температур. Средние температуры в январе могут достигать -5 -8 градусов, снег, который уверенно формирует снежный покров в горах, на долинную часть выпадает довольно редко, в отдельные дни даже может образовываться неустойчивый и маломощный покров [6]

Во время полевых работ со стороны специалистов было выявлено что в данном водосборном бассейне расположена посёлка Комсомолабад (центр джамоата Комсомолабад) с 378 хозяйств и 3272 населением, кроме того на данном бассейне 6 (шесть) кишлаков: Тутхор, Шашвалон, Кальанак, Хирмано, Шайх Абдулхайр, Тугак и Сайдон. Основной пути сообщения является магистральная автодорога Душанбе -Рашт -Лахш. Расстояния от г. Душанбе до пос. Комсомолабад составляет- 135 км. Населённые пункты расположенное в бассейн Шашвалон (Дашти Гургон) соединены с центром джамоата гравийной автомобильной дорогой.

Лавины

На исследуемой территории одной из ключевых природных угроз являются снежные лавины, что обусловлено значительным накоплением снега в верховьях водосборного бассейна. Большие объёмы снежных масс, формирующиеся в высокогорных районах, при определённых

метеоусловиях создают высокий лавино-опасный потенциал, особенно в период весеннего таяния и резких температурных колебаний. Поэтому лавины на исследуемой территории являются одним из опасных природной угрозой для населения. Формирование и сход лавин происходит практически с каждого крутого склона и перегиба как со склона севера восток и севера запад экспозиции хребтов. Активное развитие лавин отмечается в периоды выпадения интенсивного и продолжительного снегопада и выпадения дождей ранней весной. В пределах территории Водосборного бассейна Шашвалон отмечено проявление следующих типов лавин: По характеру движения лотковые, осевые и русловые По консистенции снега - сухие, мокрые. По месту зарождения - верхняя часть склона, крутой перегиб склона, средняя часть склона или эрозионная ложбина, или боковая долина [7]. (Рис 3-4).



Рисунок 3. Место формирования Лавина лоткового типа кишлака Тугак июль 2019 г.
Фото Ф.С. Имомназарова.

Согласно оценке лавиноопасных территории Бассейн Шашвалон было выявлено 12 точек формирования снежных лавин, из которых девяти лавин был зафиксирован по территории кишлаков.

Селевые потоки

В ходе исследования было установлено, что селевые потоки в водосборном



Рисунок 4. Место формирования лавин площадного характера кишлака Сайдон июнь 2019 г. Фото Ф.С. Имомназарова.

бассейне реки Шашвалон, как правило, формируются в результате дождевых осадков. Составляющий часть селевых потоков формируется за счёт ливневые дожди, прикрытие долин выпадения града и родниковые воды. Твёрдая фаза образуется за счёт размыва лёссовидные суглинки, активные части оползней, раз-

мыва неустойчивых бортов и бытового мусора сброшенные в главной русле и ручей. В последние годы из-за резкого изменения климата (жаркое лето, общее потепление) и следующего за ним увеличения скоростей таяния ледников уровень воды в реке несколько раз значительно поднимался [8-9]. По типу селевые потоки бассейна Шашвалон русловые, вода каменные, грязекаменные и грязевые. Твёрдой составляющей составляют лёссовидные и делювиальное осыпные отложения. Питания снежно-дождевое. Очагом зарождения селевых потоков являются эрозионно-оползневые, эрозионно-овражные и осыпные. Сход селевых потоков происходят в весенний-летний период при

обильном выпадения аномальных осадков, таяния снега и за счёт выноса рыхло-обломочного материала. Частота схода селевых потоков один раз в 10-25 лет, ежегодно происходят мелкие разгрузки эрозионных селей. Было выявлено более 37 (тридцати семи) зона селевых потоков во время исследования водосборного бассейна Шашвалон. В пределах территории кишлаков после исследования было картировано 16 (шестнадцать) зона селевых потоков.

Во время исследования выяснилось, что наиболее селеопасным саям является река Дашти Гургон и её левые притоки (сай Гумод, Чапдара и Дарай Вали). (Рис.5-6).



Рисунок 5. Селевой поток р.Гумод кишлак Каланак июль 2019 г.
Фото Ф.С. Имомназаров.



Рисунок 6. Зона транзит селевого потока р.Дашти Гургон верхний часть бассейн Шашвалон июль 2019 г. Фото З.Г. Зарипов.

Зона зарождения селевого потока река Дашти Гургон приурочено к водосборному бассейну река Дашти Гургон. Река Дашти Гургон является основной водной артерией для данного водосборного бассейна. Твёрдая часть, составляющая значительную долю селевых потоков, формируется за счёт обломочного материала, который накапливается как в руслах боковых саев, так и в основном русле реки.

Водосоставляющий часть формируется за счёт снежного покрова, остатки лавин, ливней дожди и града. Сезон схода

селевых потоков весенне-осенний период и начало лето.

Подтопление (заболачивание)

В результате исследования выяснилось, что в водосборном бассейне Шашвалон процесс подтопления в основном имеет заболоченный характер и развит толка по территории кишлака Тутхор (рис.7). Зона охвата подтопления расположено по правому борту р. Дашти Гургон по юго-западной части кишлака Тутхор. Процесс в основном возникала из-за фильтрации воды из реки и выхода подземных вод.

Территория подтопления относится к водосборному бассейну обеспечивающий населения Комсомолабад питьевой и поливной воды. В зоне риска от потопления расположено бассейны и коммуникации водоканала Камсамалабад. Также небольшой площадь подтопления расположено на левом борту р. Дашти Гургон, где происходит фильтрация подземных вод. По данным обследования в зоне риска расположено два социальных объектов и трансформатор.

Камнепады

Камнепады характеризуются ограниченным пространственным распространением в пределах водосборного бассейна.



Рисунок 7. Заболачиваний участок кишлака Тутхор июнь 2019 г.
Фото Ф.С Имомназаров.

Овраги

В водосборном бассейне Шашвалон во время оценка было выявлено 3 (три) участка овражного эрозия по территории кишлака Тугак. Результаты исследования указывают на то, что формирование оврагов начинается с образования эрозионных борозд. Борозды образовались за счёт плоскостного стока дождевых и талых вод при слиянии небольших струек в наиболее пониженных участках склона. Даний процесс развита в нижнюю часть территории кишлака Тугак (рис. 9.). Более мелкие эрозионных борозд наблюдались в верхняя част водосборного бассей-

на. Во время оценки водосборного бассейна данный процесс наблюдался толка по территории кишлака Сайдон и Шашвалон. Основная зона зарождение камнепадов приурочена к склонному массиву Шахи Сурх и склон Кахдаравхо. Наблюдается несколько количество висячих камней. Неустойчивые глыбы и валуны размером от 0,5 м³ до 1 м³ висят на высоте до 100-200 метра. Пароды представлены песчаники, граниты сланцы и известняки (рис. 8). Частота повторяемость 1/10-1/20 лет. Площадь поражения в зоне аккумуляция составляет 0,20 га. В зоне риска расположено 1 хозяйств, водопроводная линия, сади и пастбища.



Рисунок 8. Зона поражения от камнепада в кишлак Сайдон июнь 2019 г.
Фото Ф.С Имомназаров.

на. В зоне риска расположено грунтовая дорога, сади, линия электропередача и пастбища.

Оползни

При инженерно-геологическим исследованием, в водосборном бассейне Шашвалон были зафиксированные 6 оползневых процессов, из которых толка один точка оползневой участок наблюдался по территории кишлака. Оползни, происходящие в массивных лёссовых образованиях четвертичного периода толщиной 1-2 метров. Наблюдались древние оползни, сплыви, оплыви и современные. По результату оценки было выявлено что

оползни реальную угрозу для жилых домов не представляют. Одной из главных факторов зарождения оползней в лёссовидных суглинках является подземные и талые воды. Они насыщают лёссовые толщи влагой, увеличивая вес, изменяют структурную связь грунтов и приводят к изменению состояния пород. Оползни развита неравномерно по площади и объёму. Такие оползни по категории опасности являются опасными, зоны поражения от их прорыва иногда распространяются более чем на десятки километров, сопровождаемые иногда человеческими жертвами. Надо подчеркнуть, что при всём многообразии и активности проявления современных геологических процессов на территории исследования, оползни являются, пожалуй, самым редким процессом [10].

Результаты исследования суб-водосборного бассейна реки Шашвалон (Дашти Гургон)

По результату исследования было выявлено что в приделе территории субводосборный бассейн Шашвалон (Дашти Гургон) развитие 7-х типов экзогенно-геологических процессов виды: *селевых потоков, оползней, оврага образование, эрозии, подтопление, снежных лавин и*

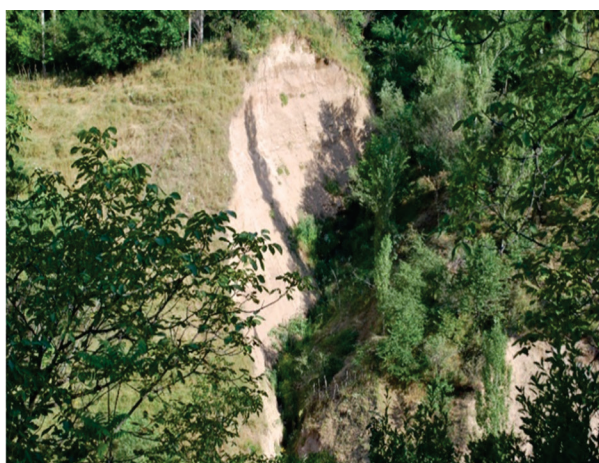


Рисунок 9. Овражная эрозия наблюдалась по кишлаку Тугак июль 2019 г.
Фото Ф.С. Имомназаров.

камнепады. Данные процессы свидетельствуют о возможности постепенного или быстрого перехода от безопасного к опасному состоянию. Учитывая текущие климатические изменения в регионе, можно предположить дальнейшее усиление данной тенденции. Таким образом были составлены схематические карты угроз для 7 (семьи) населённых пунктов и 1 (один) карта схема с нанесением зоны угроз водосборного бассейна. Кроме того, по результату исследования были составлены таблицы: количества инфраструктур и социальных объектов в зоне влияния природно-геологических угроз (таблица 1) и таблицы природные геологические процессы субводосборного бассейна.

По результатам исследования также были составлены диаграммы количества точек проявления опасных геологических процессов по территории кишлаков суб-бассейна Шашвалон (рис. 10-13). На исследуемой территории наибольшую активность проявляют такие геодинамические процессы, которые наносят ущерб населению это как лавины, селевые потоки, оползни и камнепады. Менее выраженными являются процессы подтопления (заболачивания), склоновой эрозии и оврагообразования. Ниже проведены диаграммы.

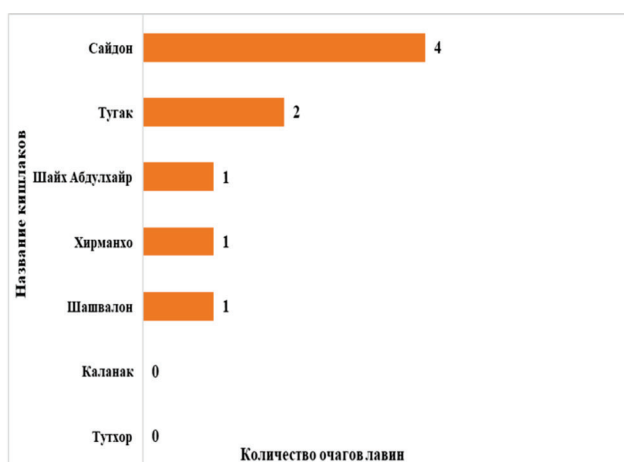


Рисунок 10. Диаграмма количество точек проявления лавин в бассейне Шашвалон.

Таблица 1. Количества инфраструктур и социальных объектов в зоне влияние природно-геологических угроз.

Природно- геологические угрозы Водосборный бассейн Шашвалон													
№	Виды угроз	Количество элементов в зоне риска											
		количество процессов	количество угроз	Дома(хоз)	Соц. Объекты	Дорога(км)	ЛЭП (км)	Канал(км)	Линия Водопровод (км)	Др. общественные структуры	Пахотные земли (га)	Пастбище (га)	Сады (га)
1	Лавина	12	9	33	0	1,96	1,8	0,2	0	0	0,4	18,6	2,55
2	Селевой поток	37	16	66	6	3,153	1,75	0,65	1,7	0	0,02	0,6	0,42
3	Камнепад	3	2	1	0	0,48	0	0	0	0	0	3,12	0
4	Подтопление	2	2	0	1	0	0	0	0	0	5,9	0	0,4
5	Овраг	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,6
6	Оползень	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,44	0
7	Эрозия	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,9	0

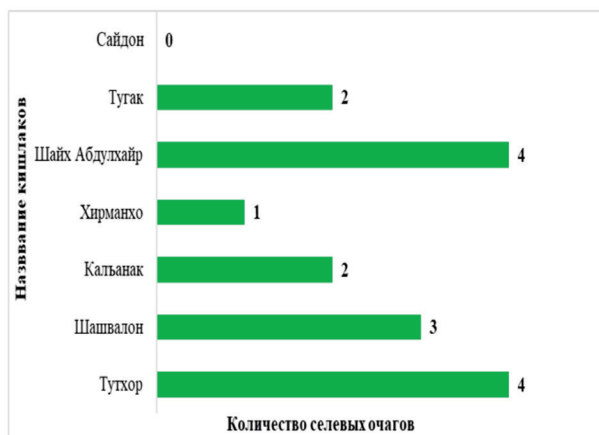


Рисунок 11. Диаграмма количество селевых проявления в суббассейне Шашвалон

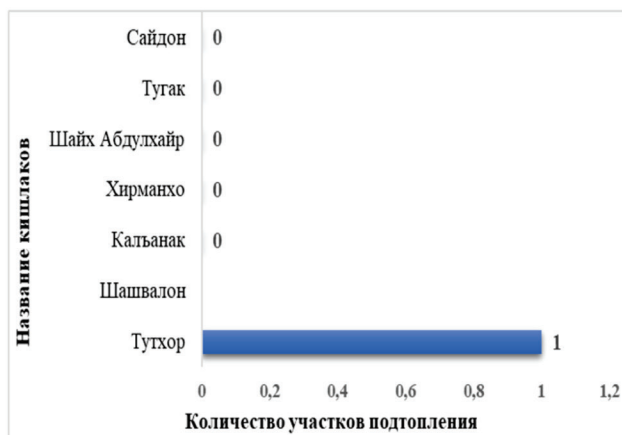


Рисунок 12. Диаграмма зоны проявления подтопления в суб- бассейн Шашвалон

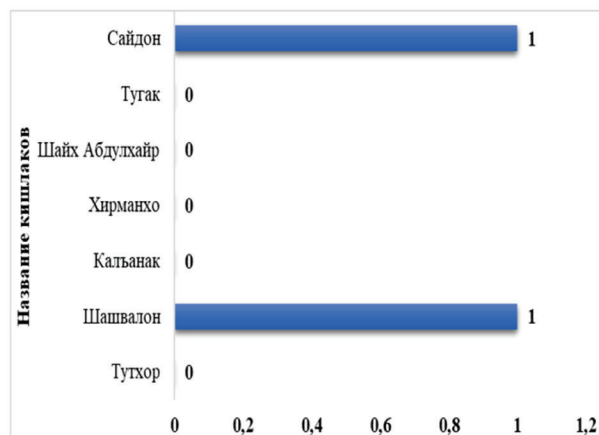


Рисунок 13. Диаграмма количество точек камнепадов в суббассейн Шашвалон

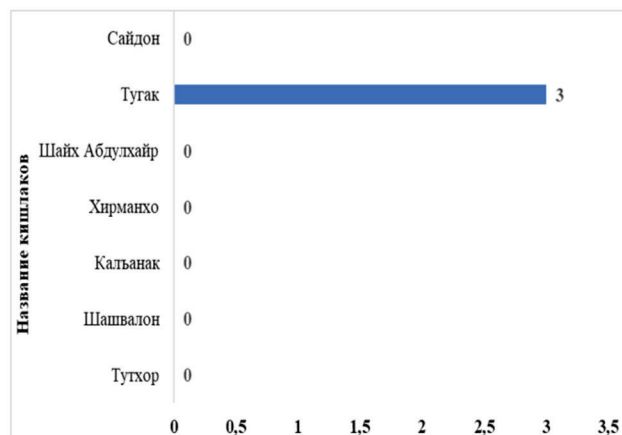


Рисунок 14. Диаграмма количество участков овраг образования по суб бассейн Шашвалон

Выводы

Основная цель данного исследования было определить опасно природно-геологических угроз в пределах территории суб- водосборных бассейнов. Поставленная цель содержит ряд компонентов и комплект задач, направленных на выбор новейшей методики новых технологий для оценки образования и условий проявления опасных геологических процессов. В данном исследовании для Раштского долина был выбран водосборный бассейн Шашвалон (Нурабадский район).

В ходе реализации исследования были решены следующие задачи: Изучение имеющих геологических материалов и информации в фондохранилище Главного геологического управления при Правительстве Республики Таджикистан». Определялась методика изучения процессов с использованием новых технологий ГИС по поиску и картированию современных геологических процессов. Проведён цикл полевых маршрутов, вертолетных облетов, дешифрирование спутниковых снимков для выявления и детального описания процессов в приделе субводосборных бассейнов.

По результату исследования было выявлено что в приделе территории субводосборный бассейн Шашвалон (Дашти Гургон) развитие 7-х типов экзогенно-геологических процессов виды: селевых потоков, оползней, оврага образование, эрозии, подтопление, снежных лавин и камнепады. Таким образом были составлены схематические карты угроз для 7 (семьи) населённых пунктов и 1 (один) карта схема с нанесением зоны угроз водосборного бассейна. Кроме того, по результату исследования были составлены таблицы: количества инфраструктур и социальных объектов в зоне влияния природно-геологических угроз и таблицы природные геологические процессы субводосборного бассейна Шашвалон с рекомендациями для уменьшения снижения риска каж

зон угроз. По результатам исследования также были составлены диаграммы количество точек проявления опасных геологических процессов по территории кишлаков суб-басейна Шашвалон.

Предложенный подход позволяет уточнить зоны формирования опасных геологических процессов, их интенсивность, частота повторяемость и площадь поражаемость во время формирования во всех населенных пунктах горных регионов. Рекомендуется проведение аналогичных исследований в других водосборных бассейнах для подтверждения полученных результатов о расположении домов и инфраструктур в зоне опасных геологических процессов.

Литература

1. Зарипов Р.Г. Отчёт о комплексной оценке водосборного бассейна Шашвалон в Раштской долине Таджикистана / Р.Г. Зарипов, Ф.С. Имомназаров, А.Ш. Тагойбеков, Г.В. Шафиев. – Душанбе, 2019.
2. Зарипов Р.Г. Каталог службы наблюдения и оповещения (СНОП) / Р.Г. Зарипов, А.С. Рязузова. – Душанбе: Изд-во Главного управления геологии Таджикистана, 1998.
3. Водохозяйственная инфраструктура в общей системе управления водными ресурсами: монография / О.Х. Амирзода, С.К. Давлатшоев, Ф.А. Кариева, З.В. Кобули, Н.Б. Курбонов, Я.Э. Пулатов, А.Р. Фазылов. – Душанбе: ИВП, ГЭИ НАНТ, 2021. – 172 с.
4. Влияние изменения климата на экологию и эффективность работы гидротехнических сооружений реки Вахш / О.Х. Амирзода, Ф.А. Кариева, С.С. Бобиев [и др.] // Водные ресурсы, энергетика и экология. – 2023. – Т.3. – №1. – С.44-51. – EDN HSUZEB.
5. Репрезентативный анализ состояния ледников бассейна реки Вахш на период 1956-2021 гг. / Н.Б. Курбонов, М. Маджиди, А.У. Пиров [и др.] // Водные ресурсы, энергетика и экология. – 2023. – Т.3. – №1. – С.56-63. – EDN SPUQUB.
6. Главное Управление гидрометеорологической службы Тадж. ССР. Агроклиматические ресурсы Тадж. ССР. Ч.1-2. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1977.
7. Золотарев Г.С. Формирование оползней, селей и лавин / ред. С.С. Григоряна, С.М. Мягкова // Инженерная защита территорий. Изд-во МГУ, Москва, 1987.
8. Зарипов Р.Г. Гляциальные селевые потоки и другие природные угрозы бассейна р. Шура-

- ки Капали (Хребет Петра Первого, Таджикистан) / Р.Г. Зарипов, Ф.С. Имомназаров, А.Б. Тагойбеков // Геориск. – 2020. – Т. XIV. – №2.
9. Курбон, Н.Б. О взаимной корреляции между изменениями метеорологических условий и возникновением стихийных бедствий / Н.Б. Курбон, М.Т. Сафаров // Водные ресурсы, энергетика и экология. – 2026. – Т. 6, №1. – С. 56-66. – EDN GRNMFS.
10. Шафиев, Г.В. Превентивные меры снижения оползневых рисков и угроз (Рошткалинский район. Таджикистан) / Г.В. Шафиев, У.А. Амиров // Водные ресурсы, энергетика и экология. – 2025. – Т. 5. – №4. – С. 50-60. – EDN KTCACP.

БАҲОДИҲИИ ХАТАРҲОИ ОФАТҲОИ ТАБИӢ АЗ РАВАНДҲОИ МУОСИРИ ГЕОЛОГӢ ДАР ЗЕРҲАВЗАИ ОБҶУНДОРИИ ШАШВАЛОН

Имомназаров Ф.С.^{1,*}, Шарипова Ш.А.¹

¹Маркази омӯзиши тиряхҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

*Муаллифи масъул. E-mail: firdavs.0389@mail.ru

Шарҳи мухтасар. Дар мақола ба баҳодиҳии ҳамаҷонибаи хатарҳои табиӣ дар зерҳавзаҳои оби водии Рашид дида мешавад. Яке аз ҳавзаҳои обӣ, ки барои таҳқиқот интихоб карда шуд, ҳавзаи оби Шашвалон мебошад. Зерҳавзаи оби дарёи Шашвалон аз ҷиҳати маъмурӣ ба ноҳияи Нуробод ва аз ҷиҳати географӣ ба ноҳияҳои тобеи ҷумҳурӣ (НТЧ) мансуб буда, масоҳати он 40 км²-ро ташиқ медиҳад. Ҳангоми гузаронидани тадқиқот дар ҳавзаи обӣ муайян гардид, ки равандҳои геологӣ дар ин зерҳавза хеле васеъ ва дар ҳама ҷо паҳн шудаанд. Аз ҳама беиштар равандҳои тармафароӣ, сел, ярҷ ва сангҷарх инкишоф ёфта дар сатҳи камтар намнокӣ, эрозия ва пайдоиши ҷариҳо мушоҳида мешаванд. Дар натиҷаи тадқиқоти саҳроӣ муайян гардид, ки дар инкишофи ин равандҳо ва надидаҳои зикришуда омилҳои гуногун, аз ҷумла: сохтори геологӣ минтақа, таркиби литологӣ қабатҳои кӯҳӣ, шароити гидрогеологӣ, геоморфологӣ, неотектоника ва зилзилаҳо мебошанд. Бар асоси натиҷаҳои корҳои саҳроӣ харитаҳои махсус таҳия карда шуданд: харитаи схематикӣ хатарҳои ҳавзаи обӣ, харитаҳои схематикӣ хатарҳо барои деҳаҳои дохили ҳавза ва харитаи гидрологӣ ҳавзаи обӣ. Баҳодиҳии ҳамаҷонибаи хатарҳои табиӣ ҳавза имкон дод, ки тавсияҳои таҳия гардид, як қатор чорабиниҳо барои коҳиши додани хатар таъсир ва осебпазирии аҳолии маҳаллӣ аз равандҳои геологӣ, аз қабилҳои сел, лағжиш, эрозия, обхезӣ, тармафароӣ ва резииш сангҳо, амалӣ карда шаванд.

Калидвожаҳо: ҳавза, харитаҳои схематикӣ хатарҳо, равандҳои хатарҳои геологӣ, мавзеҳои селфуро, тармаҳо, равандҳои пайдоиши ҷарӣ, чорабиниҳо оид ба кам кардани хавф ва осебпазирӣ.

RISK ASSESSMENT OF NATURAL HAZARDS FROM MODERN GEOLOGICAL PROCESSES IN THE SHASHVALON WATERSHED AREA

Imomnazarov F.C.^{1,*}, Sharipova Sh.A.¹

¹Center for the Study of Glaciers of the National Academy of Sciences of Tajikistan

*Corresponding author. E-mail: firdavs.0389@mail.ru

Abstract. The article presents a comprehensive assessment of natural hazards in small catchment basins of the Rasht Valley. The Shashvalon catchment basin administratively belongs to the Nurobod district and territorially to the Districts of Republican Subordination (DRS). The area of the Shashvalon river basin is about 40 km². During the study, it was revealed that modern geological processes are widely and extensively developed throughout the sub-basin territory. The most prevalent processes identified in the study area are avalanches, debris flows, landslides, and rockfalls, while flooding (waterlogging), slope erosion, and gully formation are less common. The field works showed that the development of these modern geological processes and phenomena is influenced by various factors, including the geological structure and lithological composition of rocks, as well as hydrogeological, geomorphological, neotectonic, and seismic conditions. Based on field studies and surveys, several specialized maps were compiled: a hazard map of the catchment basin, hazard maps of the settlements within the basin, and a hydrological map of the basin. A comprehensive assessment of natural hazards made it possible to develop recommendations and implement measures aimed at reducing the risk and vulnerability of the settlements in the

Shashvalon catchment basin to contemporary geological processes such as debris flows, landslides, gully formation, erosion, flooding, snow avalanches, and rockfalls.

Keywords: watershed, hazard map, hazardous geological processes, debris flows, snow avalanches, ravine, risk and vulnerability reduction measures.

Маълумот дар бораи муаллифони: Имомназаров Фирдавс Султоназарович – ходими илмии Маркази омӯзиши пирахҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел.: (+992) 93-411-00-89, E-mail: firdavs.0389@mail.ru; Шарипова Шукрия – ходими илмии Маркази омӯзиши пирахҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел.: (+992) 93-977-51-00, E-mail: sharipova.shukriya.00@mail.ru.

Сведения об авторах: Имомназаров Фирдавс Султоназарович – научный сотрудник Центра изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана, Тел.: (+992) 93-411-00-89, E-mail: firdavs.0389@mail.ru; Шарипова Шукрия – научный сотрудник Центра изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана, Тел.: (+992) 93-977-51-00, E-mail: sharipova.shukriya.00@mail.ru.

Information about authors: Imomnazarov Firdavs Sultonazarovich – researcher at the Center for Glacier Studies of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone: (+992) 93-411-00-89, E-mail: firdavs.0389@mail.ru; Sharipova Shukriya – researcher at the Center for Glacier Studies of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone: (+992) 93-977-51-00, E-mail: sharipova.shukriya.00@mail.ru.

УДК 504.054

ТАҲКИҚИ ШИДДАТИ ҲАРАКАТИ НАҚЛИЁТИ АВТОМОБИЛӢ ДАР ХИЁБОНҲОИ Ш. ДУШАНБЕ

Рачабзода Г.Р.^{1,*}, Бобоев Ҳ.Б.¹, Зоиров Ф.Б.¹, Рачабова А.С.¹

¹Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

*Муаллифи масъул. E-mail: norkulova80@mail.ru

Шарҳи мухтасар. Яке аз нишондиҳандаҳои муҳим дар таъияи лоиҳаи роҳсозӣ ин ба инобат гирифтани дурнамои шиддатнокии ҳаракати нақлиёти автомобилӣ дар шаҳрҳои мебошад. Бинобар он, тадқиқоти мазкур дар ӯдуди хеёбонҳои Н. Қарабобоев ва С. Шерозӣ шаҳри Душанбе гузаронида шудааст. Дар мақола шиддати кунунии ҳаракати нақлиёт дар хеёбонҳои зикргардида мавриди таҳлил қарор мегирад. Шаҳри Душанбе инфрасохтори тӯлонии нақлиётӣ дошта, бо ҷараёни зиёди транзитии нақлиёти автомобилӣ тавассути қисми марказии шаҳр, ки ҷойҳои аҳолинишин, марказҳои маъмурӣ ва тилъорати шаҳрро дар бар мегирад, ҳос аст. Тадқиқоти ҳисоботии шиддати ҳаракати нақлиётҳои автомобилӣ дар хеёбонҳои Н. Қарабобоев нишон медиҳад, ки шумораи миёнаи ҳаракати нақлиёт 8049 адад авт./шабонарӯзро ташкил медиҳад. Дар хеёбони С. Шерозӣ бошад ин нишондод ба 9939 адад авт./шабонарӯз мебошад.

Калидвожаҳо: нақлиёти автомобилӣ, ҷараёни нақлиёти автомобилӣ, шабакаи қўчаҳо ва роҳҳо, хеёбонҳо, шиддати ҳаракати нақлиёт дар як соат, хизматрасонии нақлиётҳои шаҳрӣ, ҳавои атмосфера.

Мукаддима

Хусусиятҳои ҳаракати ҷараёни нақлиёт, самаранокӣ ва иқтисодии кори роҳ ва эҳсоси кори ронанда дар роҳ аз рӯи сатҳи хизматрасонӣ дар шаҳр муайян карда мешавад, ки дар навбати худ аз қобилият ва таносуби шиддати ҳаракати нақлиёт вобаста аст. Шиддати ҳаракати воситаҳои нақлиёт нишондиҳандаи асосие мебошад, ки ҷараёни ҳаракати нақлиётро тавсиф намуда, дар натиҷа ба муҳити зисти шаҳр, асосан ба ҳавои атмосфера ва саломатии шаҳрвандон таъсири манфӣ мерасонад [1-4].

Дар ш. Душанбе барои хизматрасонии аҳоли нақлиёти автомобилӣ нақши муҳим дорад. Тибқи маълумотҳои оморӣ дар шаҳри Душанбе то соли 2020 зиёда аз 120 ҳазор адад нақлиёти автомобилӣ ба қайд гирифта шудааст. Ин нишондод дар охири соли 2024 ба 185 ҳазор адад расидааст, ки ин афзоиши назаррас зиёда аз 54%-ро ташкил медиҳад. Таҳлилҳо нишон медиҳанд, ки шумораи нақлиётҳои сабукрав зиёда аз 70%, нақлиётҳои боркаш тақрибан то 15%, автобусҳо тақрибан 10% ва дигар воситаҳои нақлиёт тақрибан 5% - ро ташкил медиҳанд. Қайд кардан

ба маврид аст, ки автомобилҳои сабукрав дар инфрасохтори нақлиётии ш. Душанбе афзоиши босуръат дошта, дар соли 2020 шумораи онҳо тақрибан 84 ҳазор адад, дар соли 2024 ин нишондиҳанда ба 130 ҳазор адад расидааст. Шумораи нақлиётҳои боркаш бошад аз 18 ҳазор адад (дар соли 2020) то 28 ҳазор адад (дар соли 2024) афзоиш ёфтааст. Аз маҷмӯи тамоми мушкилотҳои манфии экологӣ, ки аз чараёни ҳаракати нақлиёти автомобилӣ ба биосфера ба вучуд меоянд, ин ихроҷшавии аз ҳад зиёди моддаҳои химиявӣ (CO , NO_2 , SO_2 ва ғ.) ба ҳавои атмосфера дар шаҳр мегардад, ки аз шароити номусоиди метеорологӣ вобастагии зич дорад [3-7].

Мақсади ва вазифаи таҳқиқот – ҳисоб намудани шумораи чараёни ҳаракати нақлиёти автомобилӣ дар хиёбонҳои тадқиқшаванда ва таҳияи тавсияҳо оид ба кам кардани таъсири чараёни воситаҳои нақлиёт ба муҳити зисти ш. Душанбе.

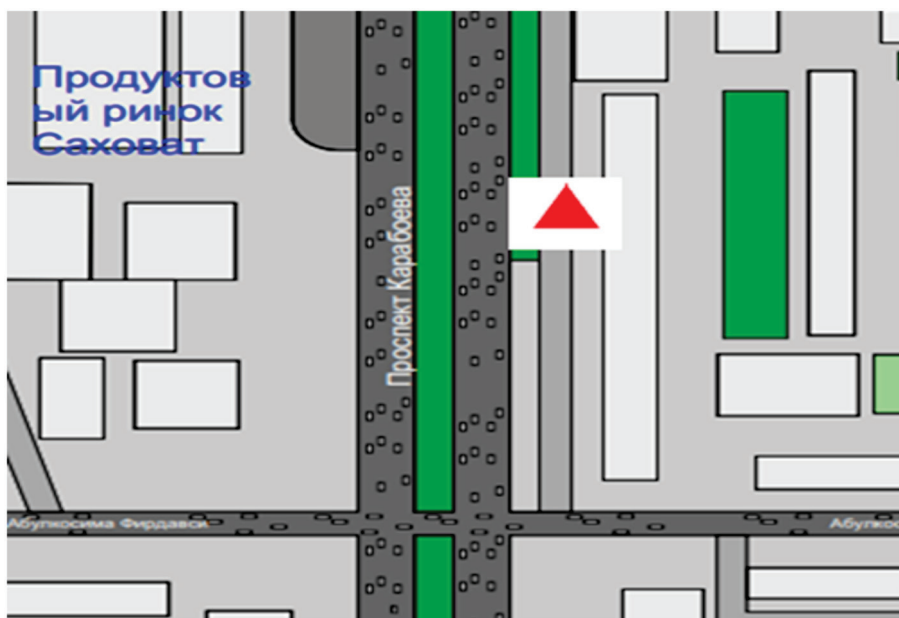
Мавод ва усулҳои таҳқиқот

Тадқиқот солҳои 2023-2024 дар хиёбонҳои Н. Қарабоев ва С. Шерозӣ ш. Душанбе гузаронида шуд. Шоҳроҳҳои интихобшуда ҳаракати дутарафа дошта, аз 6 хати ҳаракат иборат мебошанд. Таҳлили шумораи чараёни ҳаракати нақлиёт дар хиёбонҳои тадқиқшаванда дар яе самт

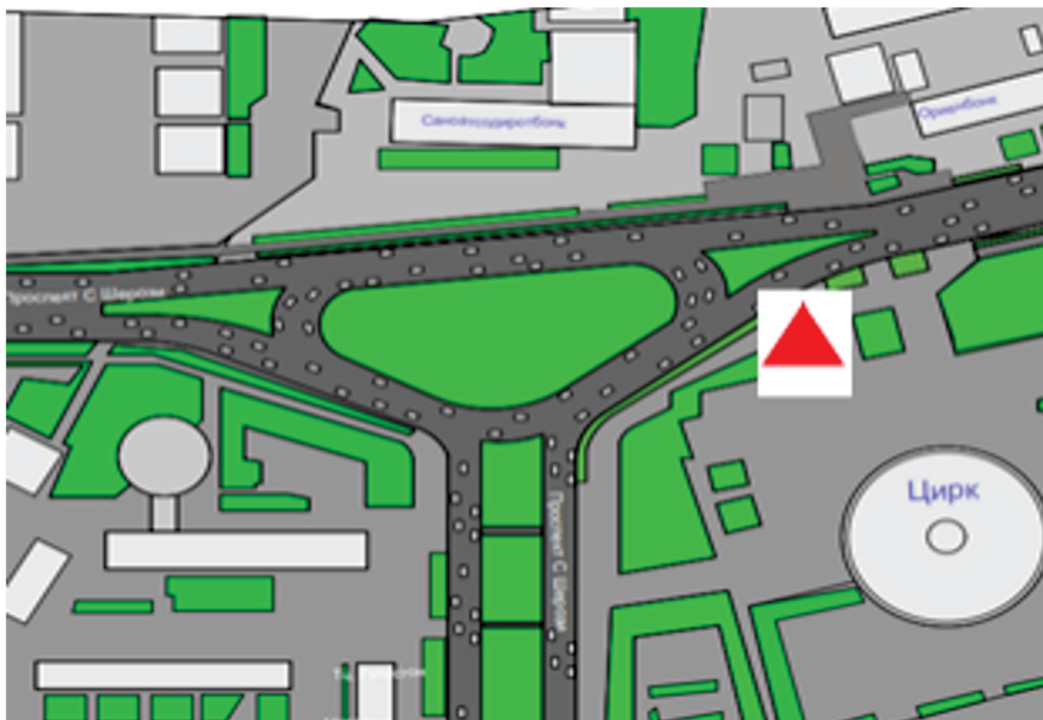
ҳаракат (3 хати ҳаракат), ҳисоб карда шуданд. Шиддати ҳаракати воситаҳои нақлиёт бо истифода аз усули ҳисобкунии визуалӣ муайян карда шуд [8-11]. Дар ин минтақаҳои тадқиқоти воситаҳои нақлиёти намудҳои гуногун (нақлиётҳои сабукрав, боркаш, микроавтобусҳо ва автобусҳо) ҳисоб карда шуданд. Шумораи воситаҳои нақлиёте, ки аз шоҳроҳ мегузаштанд, дастӣ ҳисоб карда шуда, мушоҳидаҳо дар рӯзҳои корӣ аз соатҳои: субҳ аз срати 7:00 то 8:00; рӯзона аз соати 12:00 то 13:00; шом аз соати 16:00 то 17:00 ва шабона аз соати 20:00 то 21:00 (яъне дар як шабонарӯз) гузаронида шуданд.

Натиҷаҳои таҳқиқот

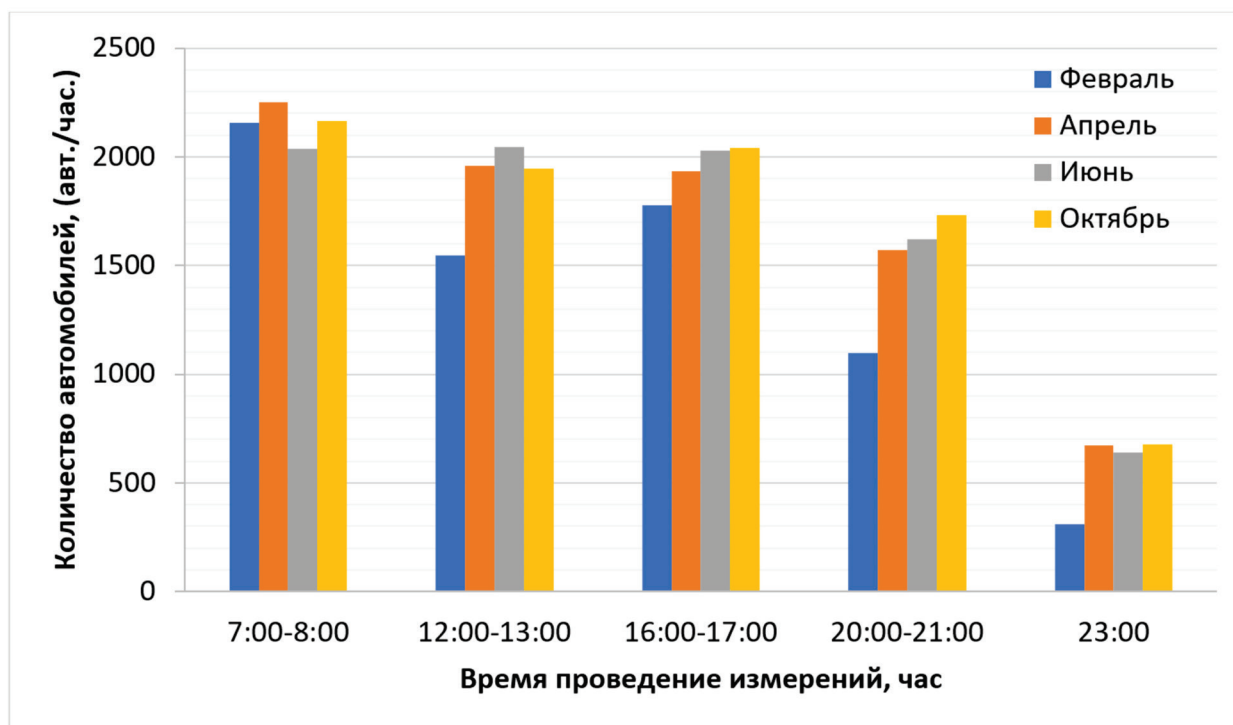
Ҳангоми гузаронидани мушоҳидаҳо дар хиёбонҳои Н. Қарабоев (назди Бозори “Саховат”) ва С. Шерозӣ (Сирки давлати) муайян карда шуд, ки дар ду тарафи шоҳроҳ биноҳои истиқоматӣ, чамъиятӣ ва маъмурий мавҷуданд ва дар канораи роҳ ниҳолҳои сабз (буттаҳо, дарахтон) тақрибан 1 метр дуртар аз сарҳади роҳ мерӯянд. Дар хиёбони Н. Қарабоев асосан хонаҳои истиқоматии бисёрқабата ва мағозаҳои махсус ҷойгиранд. Дар харитаи нақшавӣ нуқтаҳои назорати мониторингӣ дар дар хиёбонҳои Н. Қарабоев ва С. Шерозӣ дар расмҳои 1 ва 2 оварда шудааст.



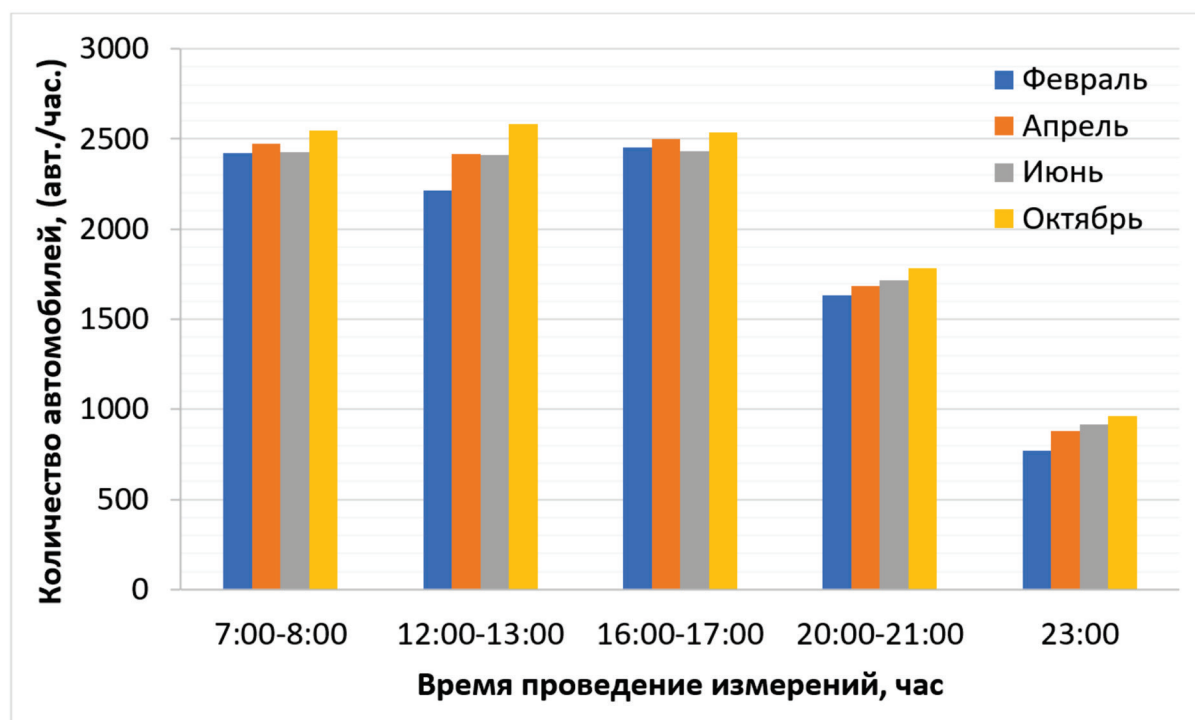
Расми 1. Нуқтаи назорати дар хиёбони Н. Қарабоев (Бозори “Саховат”).



Расми 2. Нуқтаи назорати дар хиёбони С. Шерозӣ (Сирки давлатии Тоҷикистон).
Натиҷаҳои таҳлилҳои мушоидавӣ дар расмҳои 3 ва 4 пешниҳод мегардад.



Расми 3. Диаграммаи тағйироти миёнаи ҷараёни ҳаракати автомобилӣ дар 3 хати роҳ: субҳ аз соати 700 - 800; рӯзона аз соати 1200 - 1300; шом 1 аз соати 600 - 1700 ва шабона аз соати 2000 - 2100 дар хиёбони Н. Қарабоев.



Расми 4. Диаграммаи тағйиребии миёнаи чараёни ҳаракати автомобилӣ дар 4 хати роҳ: субҳ аз соати 700-800; рӯзона аз соати 1200-1300; шом аз соати 1600-1700 ва шабона аз соати 2000-2100 дар хиёбони С. Шерозӣ.

Таҳқиқоти гузаронидашуда нишон медиҳад, ки дар ш. Душанбе шиддати зиёди ҳаракати нақлиёти автомобилӣ дар хиёбони Н. Қарабаев (дар наздикии Бозори “Саховат”), ки дар он ҳаракати нақлиётҳои боркаш иҷозат дода шудааст, ба қайд гирифта шудааст. Аз сабаби хусусиятҳои рушди инфрасохтори шаҳр, қитъаҳои роҳҳо дар наздикии биноҳои истиқоматӣ ҷойгиранд. Аз ин лиҳоз, объекти тадқиқотиро мо дар наздикии чорроҳаи Бозори “Саховат” интихоб намудем. Натиҷаҳо нишон дод, ки дар рӯзҳои корӣ аз соати 7:00 то 17:00 дараҷаи баланд ва миёнаи сарбории роҳҳо (ба ҳисоби миёна то 1938 авт./соат) ба назар мерасад. Танбашавии (роҳбандӣ) нақлиёт асосан дар чорроҳаи Бозори “Саховат” дар самти ҳаракати кӯчаи А.Фирдавсӣ ба вучуд меояд. Дар ин ҳолат, дар самти кӯчаи А.Фирдавсӣ шумораи ками автобусҳо ва автомобилҳои боркаш дар чараён ба қайд гирифта шуда, ҳиссаи асосиро микроавтобусҳо (16,08%) ва автомобилҳои

сабукрав (81,11%) ташкил медиҳанд. Ҳангоми зиёд шавии нақлиёт дар қитъаҳои роҳҳо (хиёбони Н. Қарабаев ва кӯчаи А. Фирдавсӣ) суръати миёнаи ҳаракати нақлиёт 15-25 км / соатро ташкил медиҳад. Дар вақти шом ва шабона вақти авҷи ҳаракати нақлиёт (час пик) ба 1800 авт./соат то 2000 авт./соат рост меояд ва дар самти кӯчаи А. Фирдавсӣ басташавии роҳ бо дараҷаи гуногуни сарборӣ аз ҳадди максималӣ то миёна (ба ҳисоби миёна то 945 авт./соат) ба назар мерасад. Дарозии бандшавии роҳҳо ба таври назаррас меафзояд ва суръати ҳаракати нақлиёти автомобилӣ дар роҳҳо аз 25 - 45 км/соат то 10 - 15 км/соат коҳиш меебад. Дар сохтори шиддати чараёни нақлиёти автомобилӣ ҳам дар соли 2022 ва ҳам дар соли 2023 автомобилҳои сабукрав (+ электро-мобилҳо) бартарӣ дошта, ҳиссаи онҳо дар солҳои зикршуда то 80% афзоиш ёфтааст.

Дар соли 2024 таҳқиқи ҳаракати шиддатнокии чараёни автомобилӣ дар хиёбони С.Шерозӣ (гузаргоҳи ҳалқавии Сирки

давлати) дар вақти рӯзона, шом ва шабона аз соати 7:00 то 23:00 гузаронида шуд. Мушоҳидаҳо дар рӯзҳои гуногуни қорӣ ҳафта (дар соатҳои авҷи қор (час пик)) гузаронида шуданд, зеро тавассути ин роҳ чараёни шадиди нақлиёти автомобилӣ аз хиёбонҳои зикргардида ба самти маркази шаҳр ва бозгашт мегузаранд. Таҳлилҳои нишон медиҳад, ки шиддати миёнаи чараёни автомобил дар давоми шабонарӯз (вақти авҷи ҳаракати нақлиёт (час пик)) дар хиёбони С.Шерозӣ субҳ аз соати 7:00 то 9:00, рӯзона аз соати 12:00 то 13:00, шом аз соати 17:00 то 19:00 ба назар мерасад. Дар рӯзҳои қорӣ аз соати 7:00 то 8:00 дараҷаи миёнаи сарбории роҳ ба ҳисоби миёна то 2400 авт./соат ва роҳбандӣ асосан дар самти ҳаракат ба маркази шаҳр ба амал меояд. Ҳангоми зиёдшавии нақлиёти автомобилӣ дар қитъаҳои роҳҳои суръати миёнаи ҳаракати нақлиёт 15-20 км / соатро ташкил медиҳад. Дар вақти шом бошад, соати авҷи қор (час пик) ба 17:00 19:00 рост меояд ва дар хиёбони мазкур бандшавии роҳ бо дараҷаи гуногуни сарборӣ аз ҳадди максималӣ то миёна (ба ҳисоби миёна то 2420 авт./соат) дида мешавад. Дарозии бандшавии роҳ ба таври назаррас меафзояд ва суръати ҳаракати нақлиёти автомобилӣ дар роҳ аз 25 - 35 км/соат то 15 - 20 км/соат коҳиш меёбад. Инчунин афзоиши шиддати ҳаракати нақлиёти сабукрав то 76,14% мушоҳида карда шуд.

Ҳамин тариқ, таҳқиқотҳои гузаронидашуда имкон медиҳад, ки ҳолати таркиби чараёни ҳаракати нақлиёти автомобилро дар хиёбонҳои шаҳр вобаста ба фаслҳои сол баҳо диҳем. Натиҷаҳои ҳисобот тасдиқ менамояд, ки ҳар сол шумораи зиёди автомобилҳои сабукрав ва электромобил (аз 75% то 80%) дар қитъаҳои тадқиқшудаи роҳҳо, бартари доранд.

Хулоса

1. Таҳқиқоти ҳисоботии ҳаракати воситаҳои нақлиёт дар хиёбонҳои Н. Қарабоев ва С. Шерозӣ нишон медиҳад, ки

шиддати миёнаи ҳаракати нақлиёт дар хиёбони Н. Қарабоев 8049 адад воситаи нақлиёт дар як шабонарӯзро ташкил медиҳад (79% нақлиёти сабукрав, 18% микроавтобусҳо, 1,88% автобусҳо ва 1,12% нақлиёти боркаш). Дар хиёбони С. Шерозӣ бошад ин нишондод ба 9939 адад воситаи нақлиёт дар як шабонарӯз мерасад (76,51% нақлиёти сабукрав, 19,5% микроавтобусҳо, 2,08% автобусҳо ва 1,91% нақлиёти боркаш).

2. Натиҷаҳои таҳқиқот фарзияро тасдиқ мекунанд, ки динамикаи гуногуни шиддати ҳаракати нақлиёт дар қитъаҳои гуногуни хиёбонҳои шаҳр мушоҳида мешавад. Таҳлилҳои нишон медиҳад, ки дар бисёр роҳҳои шаҳр шумораи маҳдуди хатҳои роҳ (тангшавии роҳ) ва шумораи зиёди нақлиётҳои сабукрав ҳаракатро душвор мегардонад.

3. Дар оянда, бо назардошти натиҷаҳои дар боло зикршудаи таҳлили арзёбии шиддати ҳаракати воситаҳои нақлиёт дар хиёбонҳои ш. Душанбе, ҳамчун омилҳои асосии дараҷаи ифлосшавии муҳити шаҳр аз ихроҷшавии газҳо ба ҳавои атмосфера, муайян кардани таркиби миқдории моддаҳои ихроҷшаванда (CO , NO_2 , SO_2 ва ғ.) ҳангоми ҳаракати воситаҳои нақлиёт, зарур аст.

4. Натиҷаҳои бадастовардари метавонанд Мақомоти иҷроияи ҳокимияти давлатии шаҳри ноҳияҳо дар таҳияи «Барномаи рушди дурнамои системаи нақлиёти автомобилӣ дар шаҳрҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон» ва дар нақшагирии меъморӣ шаҳрҳои калони ҷумҳурӣ барои идоракунии чараёни нақлиёт, беҳтар намудани сифати ҳавои атмосфераи муҳити шаҳр ва саломатии шаҳрвандон истифода баранд.

Адабиёт

1. Ложкин, В.Н. Загрязнение атмосферы автомобильным транспортом / В.Н. Ложкин. – С-Пб.: НИИ Атмосфера, 2003. – 308 с.
2. Малов Р.В. Автомобильный транспорт и защита окружающей среды / Р.В. Малов. – М.: Транспорт, 1982. – 200 с.

3. Бобоев, Х.Б. Анализ интенсивного движения и воздействия автомобильного потока на воздушную среду (на примере проспекта Н. Карабаева г. Душанбе) / Х.Б. Бобоев, С.Ж. Иброхимов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2024. – №4 (68). – С.147-150.
4. Микрофизические и радиационные характеристики аэрозоля в атмосфере Душанбе по данным АЭРОНЕТ / С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов, Н.Б. Курбонов [и др.] // Вестник Таджикского технического университета. – 2012. – №3(19). – С.20-25. – EDN PXZZXN.
5. Вариации аэрозольной оптической толщи атмосферы в Душанбе по данным AERONETA / С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов, Н.Б. Курбонов [и др.] // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2013. – №1-1(102). – С.115-119. – EDN VVVQND.
6. Мониторинг атмосферной радиации в Душанбе с помощью наземного измерительного комплекса / С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов, Н.Б. Курбонов [и др.] // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. – 2013. – №3(152). – С. 45-51. – EDN RVMATZ.
7. Курбонов, Н.Б. Вариации сезонной аэрозольной оптической толщи атмосферы в Душанбе по данным AERONET / Н.Б. Курбонов, С.Ф. Абдуллаев, В.А. Маслов // Взаимодействие полей и излучения с веществом: труды Международной Байкальской молодежной научной школы по фундаментальной физике и Конференции молодых ученых, Иркутск, 14-18 сентября 2015 года. – С.326-329. – EDN VZDFRN.
8. ОДМ 218.2.020-2012 Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог (взамен Руководства по оценке пропускной способности автомобильных дорог) / Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). – М.: ФГУП «Инфоравтодор», 2012. – 143 с.
9. Руководство по прогнозированию интенсивности движения на автомобильных дорогах / Министерство транспорта Российской Федерации государственная служба дорожного хозяйства. – М.: ФГУП «Инфоравтодор», 2003. – 67 с.
10. СТ РК 1378-2005 «Дороги автомобильные. Учет интенсивности движения» Издание официальное. КаздорНИИ: Астана. 2005. – 8с.
11. ТР ТС 018/2011. Технический регламент таможенного союза. О безопасности колесных транспортных средств. Изд-во Таможенного союза от 9 декабря 2011г. №877 – 465с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА ПРОСПЕКТАХ Г. ДУШАНБЕ

Раджабзода Г.Р.^{1,*}, Бобоев Х.Б.¹, Зоиров Ф.Б.¹, Раджабова А.С.¹

¹Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

*Автор-корреспондент. E-mail: norkulova80@mail.ru

Аннотация. Одним из важных показателей при разработке проекта дорожного строительства является учет прогноза интенсивности автомобильного движения в городах. Таким образом, данное исследование проводилось в районе проспектов Н. Карабаева и С. Шерози в г. Душанбе. В статье анализируется текущая интенсивность движения транспортного потока на указанных выше проспектах города. Город Душанбе обладает развитой транспортной инфраструктурой, характеризующейся большим потоком транзитных транспортных средств через центральную часть города, которая включает жилые районы, административные и коммерческие центры города. Исследование транспортного потока показывает, что средняя интенсивность движения на проспекте Н. Карабаева составляет 8049 авт./сутки. На проспекте С. Шерози этот показатель составляет 9939 авт./сутки.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, транспортный поток, сеть улиц и дорог, проспекты, интенсивность движения в час, городские транспортные услуги, атмосферного воздуха.

INVESTIGATION OF THE INTENSITY OF TRAFFIC FLOW ON THE AVENUES OF DUSHANBE

Rajabzoda G.R.^{1,*}, Boboev H.B.¹, Zoirov F.B., Rajabova A.S.¹

¹Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi

*Corresponding author. E-mail: norkulova80@mail.ru

Abstract. One of the key indicators when developing a road construction project is the consideration of traffic forecasts in cities. Therefore, this study was conducted in the area of N. Karaboev and S. Shirozi Avenues in Dushanbe. This article analyzes the current traffic volume on these avenues. Dushanbe has a well-developed transport infrastructure, characterized by a high flow of transit vehicles through the central part of the city, which includes residential areas, administrative centers, and commercial centers. The traffic flow study shows that the average traffic volume on N. Karaboev Avenue is 8049 vehicles per day. On S. Shirozi Avenue, this figure is 9939 vehicles per day.

Key words: motor transport, traffic flow, roadsides, avenues, traffic volume per hour, urban transport services, atmospheric air.

Маълумот дар бораи муаллифон: Раҷабзода Гуландом Раҷаб – ассистенти кафедраи бехатарии фаъолияти инсон ва экологияи Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, Тел: (+992) 938800328, E-mail: norkulova80@mail.ru; Бобоев Ҳақназар Бобоевич – н.и.т., и.в. дотсенти кафедраи бехатарии фаъолияти инсон ва экологияи Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, Тел: (+992) 933101167, E-mail: hboboev1967@gmail.com; Зоиров Фирӯз Бахронович – н.и.т., дотсенти кафедраи бехатарии фаъолияти инсон ва экологияи Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, Тел: (+992) 935226969, E-mail: firuz.zoirov.b@gmail.com; Раҷабова Аслия Саидовна – муаллими калони Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, Тел: (+992) 915536767, E - mail: rajabova.asliya@yandex.ru.

Сведения об авторах: Раджабзода Гуландом Раджаб – ассистент кафедры безопасности жизнедеятельности и экологии Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими, Тел.: (+992) 938800328, E-mail: norkulova80@mail.ru; Бобоев Хакназар Бобоевич – к.т.н., и.о. доцента кафедры безопасности жизнедеятельности и экологии Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими, Тел.: (+992) 933101167, E-mail: hboboev1967@gmail.com; Зоиров Фируз Бахронович – к.т.н., доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и экологии Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими. Тел.: (+992) 935226969, E-mail: firuz.zoirov.b@gmail.com; Раджабова Аслия Саидовна – старший преподаватель Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими, Тел.: (+992) 915536767, E - mail: rajabova.asliya@yandex.ru.

Information about the authors: Rajabzoda Gulandom Rajab – Assistant at the Department of Life Safety and Ecology, Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, Phone: (+992) 938800328, E-mail: norkulova80@mail.ru; Boboev Khaknazar Boboevich – Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor at the Department of Life Safety and Ecology, Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, Phone: (+992) 933101167, E-mail: hboboev1967@gmail.com; Zoirov Firuz Bahranovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Life Safety and Ecology, Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, Phone: (+992) 935226969, E-mail: firuz.zoirov.b@gmail.com; Rajabova Asliya Saidovna – Senior researcher of Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, Phone: (+992) 915536767, E-mail: rajabova.asliya@yandex.ru

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС АНАЛИЗА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ДНК: ОТ ОТБОРА ПРОБ ДО ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ

Шарипов С.А.^{1,*}, Хомидов С.К.¹, Рауфи К.А.¹,
Исаев Дж.А.¹, Азизов Д.Н.¹

¹Институт водных проблем, гидроэнергетика и экология Национальной академии наук Таджикистана

*Автор-корреспондент. E-mail: sharipovsa1988@gmail.com

Аннотация. Экологическая ДНК (eDNA) является современным молекулярным методом мониторинга биоразнообразия, позволяющим выявлять присутствие организмов по следам генетического материала, сохраняющегося в окружающей среде. В статье представлен систематизированный обзор полного рабочего процесса анализа eDNA, включающего этапы отбора проб, концентрации и экстракции ДНК, амплификации, секвенирования и биоинформатической обработки данных. Особое внимание уделено лабораторному оборудованию, стандартам контроля качества, воспроизводимости результатов и требованиям к хранению и интерпретации данных. Рассматриваются ключевые факторы, влияющие на точность анализа, включая контаминацию, выбор праймеров и полноту референсных баз последовательностей. Полученные выводы подтверждают высокий потенциал eDNA как универсального инструмента для экологического мониторинга, оценки состояния экосистем и поддержки природоохранных решений на локальном и глобальном уровнях.

Ключевые слова: экологическая ДНК, биомониторинг, метабаркодинг, секвенирование, биоразнообразие

Введение

В настоящее время методы eDNA активно применяются в различных областях биологических наук и природоохранной практики. В экологии они используются для изучения структуры сообществ и динамики экосистем; в гидробиологии для мониторинга водных организмов и оценки качества среды; в биогеографии для выявления пространственных закономерностей распределения видов; в природоохранной деятельности для раннего обнаружения инвазивных видов, оценки эффективности мер охраны и поддержки принятия управленческих решений. Таким образом, eDNA формирует новую парадигму мониторинга биоразнообразия, сочетающую высокую чувствительность, стандартизируемость и возможность глобальной интеграции данных [1].

Экологическая ДНК (environmental DNA, eDNA) представляет собой совокупность внеклеточных и внутриклеточных фрагментов генетического материала, выделяемых организмами в окружающую среду в процессе их жизнедеятельности

[1]. Эти молекулы могут присутствовать в воде, почве, донных отложениях, воздухе и других субстратах, образуя молекулярный след присутствия организмов без необходимости их непосредственного наблюдения или отлова. Продолжительность сохранности eDNA в окружающей среде варьирует в широких пределах от нескольких часов до нескольких недель и определяется комплексом абиотических и биотических факторов, включая температуру, интенсивность ультрафиолетового излучения, уровень pH, активность микроорганизмов и гидродинамические условия среды. Как правило, повышенные температуры, интенсивная инсоляция и высокая микробная активность ускоряют деградацию ДНК, тогда как низкие температуры и отсутствие света способствуют её сохранению.

Основными источниками экологической ДНК являются слущенные клетки эпителия, слизистые выделения, экскременты, гаметы, а также фрагменты тканей, возникающие при естественной гибели или повреждении организмов. После

попадания в окружающую среду генетический материал подвергается физико-химическим и ферментативным процессам разрушения, однако до полной деградации он остаётся доступным для молекулярного анализа. Методологическая основа исследований eDNA заключается в извлечении этих молекул из проб среды, их очистке, амплификации целевых генетических маркеров с помощью полимеразной цепной реакции и последующем анализе последовательностей посредством секвенирования или других молекулярно-генетических технологий [2]. Такой подход позволяет идентифицировать таксоны, присутствующие в исследуемой экосистеме, и получать объективные данные о структуре биоразнообразия даже в случаях, когда в материале и метода исследования организмы труднообнаружимы традиционными методами наблюдения.

Рабочий процесс исследования экологической ДНК (eDNA)

Рабочий процесс исследования экологической ДНК (eDNA) представляет собой многоэтапную стандартизированную процедуру, включающую последовательные стадии полевых, лабораторных и аналитических операций, направленных на получение достоверной информации о составе биоразнообразия исследуемой среды. Начальным этапом является отбор проб, который проводится с соблюдением строгих протоколов стерильности и предотвращения контаминации. Тип проб зависит от исследуемой экосистемы и может включать воду, почву, донные осадки, снег, воздух или биоплёнки. Параметры отбора — объём образца, глубина, время экспозиции и число повторностей — выбираются в соответствии с задачами исследования и статистическим дизайном.

Следующий этап включает концентрацию ДНК, чаще всего осуществляемую методом фильтрации через мембраны с заданным размером пор или центрифугирования, что позволяет выделить взвешенные частицы, содержащие генетический материал. После этого проводится экстракция ДНК с использованием специализированных наборов реагентов или протоколов фенол-хлороформной очистки, обеспечивающих разрушение клеточных оболочек, удаление ингибиторов ПЦР и стабилизацию нуклеиновых кислот. Амплификация целевых участков генома осуществляется методом полимеразной цепной реакции с применением универсальных или таксон-специфичных праймеров. Контроль качества включает отрицательные и положительные контроли, репликаты и количественную оценку концентрации ДНК. Полученные ампликоны подвергаются секвенированию, чаще всего с использованием технологий высокопроизводительного секвенирования нового поколения, позволяющих одновременно анализировать тысячи последовательностей. Биоинформатический анализ включает фильтрацию низкокачественных чтений, удаление химер, кластеризацию последовательностей в операционные таксономические единицы или ампликонные варианты последовательностей, а также сопоставление результатов со справочными генетическими базами данных. Заключительная стадия — интерпретация — предполагает статистическую обработку, экологическую оценку, проверку воспроизводимости и формулирование выводов о структуре и динамике сообществ организмов. Такой комплексный подход обеспечивает высокую точность, воспроизводимость и сопоставимость результатов исследований eDNA в различных экосистемах [3].



Рисунок 1. Общая схема рабочего процесса eDNA [1].

Материалы и методы исследования.

Для проведения анализа экологической ДНК (eDNA) требуется специализированный лабораторный комплекс, обеспечивающий выполнение всех этапов исследования — от первичной обработки проб до получения и анализа генетических последовательностей. Оснащение лаборатории должно соответствовать требованиям молекулярной биологии, включая разделение рабочих зон (пред-ПЦР и пост-ПЦР помещения), контроль стерильности и предотвращение перекрёстной контаминации. Наличие такого комплекса является обязательным условием получения воспроизводимых и научно достоверных результатов.

Комплекс оборудования для подготовки проб включает вакуумные фильтрационные установки или шприцевые системы фильтрации, мембранные фильтры различного диаметра пор, центрифуги для осаждения частиц, стерильные контейнеры, одноразовые наконечники с фильтрами, холодильники и морозильные камеры для краткосрочного и долгосрочного хранения образцов. Дополнительно используются аналитические весы, гомогенизаторы и стерильные рабочие боксы для обработки почвенных и осадочных проб.

Для выделения ДНК применяются наборы реагентов промышленного производства либо классические химические методы очистки, а также термошейкеры, микропробирки, магнитные штативы и микропипетки высокой точности. Кон-

троль концентрации и чистоты ДНК осуществляется с помощью спектрофотометров или флуориметров, позволяющих оценить пригодность образцов для дальнейших молекулярных процедур.

Этап амплификации требует наличия термоциклеров для проведения полимеразной цепной реакции, ламинарных шкафов с УФ-стерилизацией, систем приготовления реакционных смесей и набора молекулярных реагентов (праймеры, полимеразы, буферы, дНТФ). Для количественных исследований используются приборы реального времени (qPCR-амплификаторы), обеспечивающие мониторинг накопления продукта реакции в режиме онлайн.

Заключительный этап — секвенирование и анализ данных — выполняется с использованием высокопроизводительных секвенаторов, систем подготовки библиотек, а также вычислительных ресурсов для биоинформатической обработки результатов. Компьютерные станции должны поддерживать специализированное программное обеспечение для фильтрации последовательностей, кластеризации, таксономической аннотации и статистического анализа. Таким образом, полный лабораторный комплекс eDNA представляет собой интегрированную технологическую систему, в которой каждая категория оборудования играет критическую роль в обеспечении точности, чувствительности и воспроизводимости исследований биоразнообразия.

Тип оборудования	Назначение
Фильтрационная система	Концентрация ДНК из воды
Центрифуга	Осаждение частиц
Термоциклер	PCR-амплификация
Спектрофотометр	Оценка концентрации ДНК
Секвенатор	Получение последовательностей

Процесс отбора проб

Отбор проб для анализа экологической ДНК (eDNA) представляет собой начальный и принципиально важный этап исследования, определяющий достоверность последующих молекулярных результатов. Его основная задача заключается в получении репрезентативного образца окружающей среды — воды, почвы или донных осадков — содержащего фрагменты генетического материала организмов. Процедура выполняется по

заранее разработанному плану, включающему выбор точек отбора, объёма проб и методики sampling-дизайна, что позволяет минимизировать пространственные и временные искажения. Использование стерильных инструментов, одноразовых контейнеров и защитного оборудования обязательно, поскольку даже минимальная контаминация посторонней ДНК способна привести к ложноположительным результатам.

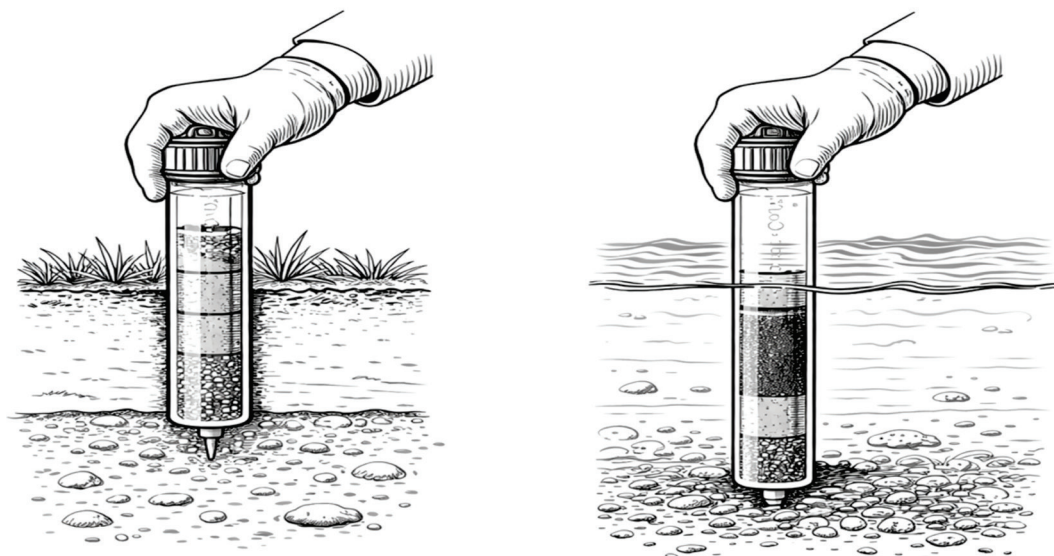


Рисунок 2. Вариант отбора проб почвы и воды [9].

Непосредственно после отбора каждая проба маркируется и сопровождается регистрацией метаданных — координат, температуры, pH, глубины и времени отбора, — необходимых для корректной интерпретации и сопоставимости данных. Для сохранения целостности молекул ДНК образцы помещаются в охлаждаемые условия и доставляются в лабораторию в максимально короткие сроки либо стабилизируются специальными буфе-

рами. Стандартизация процедур отбора проб является ключевым условием воспроизводимости eDNA-исследований, так как именно на этой стадии формируется исходный материал, определяющий чувствительность обнаружения видов и надёжность дальнейшего анализа.

Экстракция ДНК

Процесс концентрации экологической ДНК (eDNA) из образцов окружающей среды представляет собой последователь-

ность лабораторных этапов, направленных на извлечение и накопление молекул ДНК из исходного материала (воды, почвы или донных осадков) до концентрации, пригодной для молекулярного анализа.

На первом этапе проводится подготовка образца, включающая гомогенизацию и удаление крупных частиц, которые могут препятствовать дальнейшей обработке. Затем выполняется концентрация ДНК методом фильтрации: жидкий образец пропускается через мембранный фильтр с размером пор обычно 0,45–0,22 мкм. На поверхности фильтра задержива-

ются частицы, клетки микроорганизмов и фрагменты свободной ДНК. Фильтрация чаще всего осуществляется с использованием вакуумной установки, позволяющей ускорить процесс и обеспечить равномерное прохождение жидкости.

После этого проводится элюция ДНК с фильтра, при которой на мембрану добавляется специальный буфер, разрушающий клеточные структуры и переводящий нуклеиновые кислоты в раствор. Полученный раствор содержит растворённую ДНК и служит исходным материалом для последующих процедур.

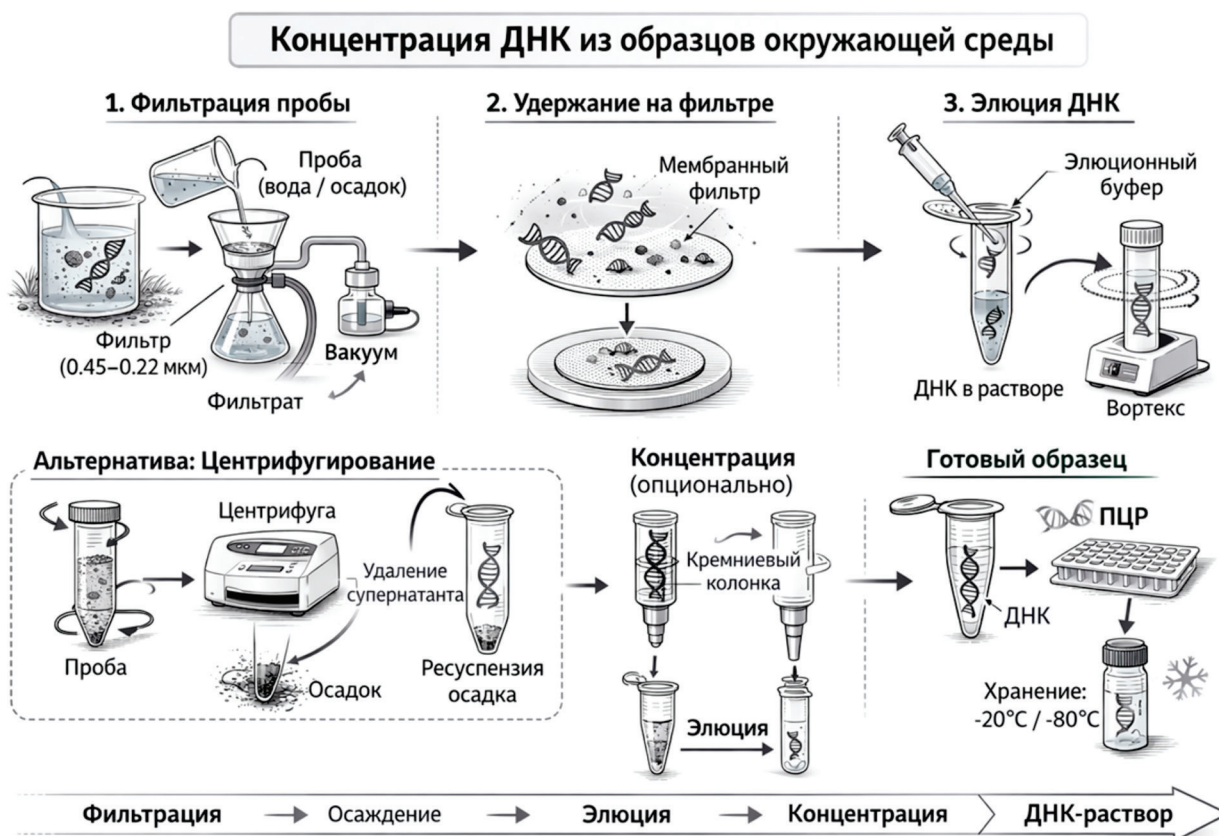


Рисунок 3. Концентрация э-ДНК из образцов окружающей среды [9].

В качестве альтернативного или дополнительного метода используется центрифугирование, при котором образец вращается на высоких скоростях. В результате образуется осадок (пеллет), содержащий частицы с ДНК, и надосадочная жидкость (супернатант), которая удаляется. Осадок затем ресуспендируют

в буферном растворе для получения концентрата генетического материала.

Заключительный этап включает получение концентрированной ДНК-пробы, пригодной для хранения (обычно при -20°C или -80°C) и дальнейших молекулярных анализов — амплификации, секвенирования и биоинформатической обработ-

ки. Такой подход позволяет значительно увеличить концентрацию целевых молекул и повысить чувствительность последующего обнаружения организмов в исследуемой среде [5].

Амплификация PCR

Полимеразная цепная реакция (PCR) — это ключевой молекулярный этап анализа экологической ДНК, предназначенный для избирательного многократного

копирования целевых фрагментов ДНК, содержащихся в извлечённых из окружающей среды образцах. Поскольку концентрация eDNA обычно крайне низка и фрагменты генетического материала часто деградированы, амплификация необходима для получения достаточного количества копий целевой последовательности, пригодных для последующего секвенирования или детекции.

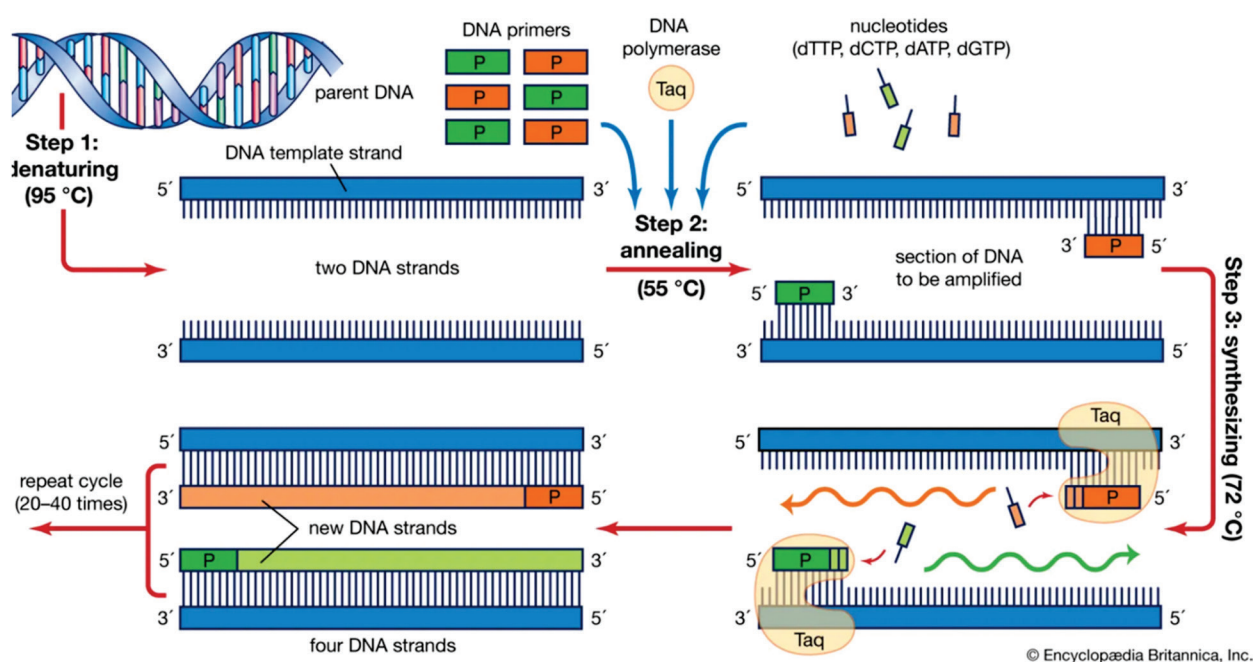


Рисунок 4. Цикл PCR [8].

Процесс начинается с подготовки реакционной смеси, включающей матричную ДНК, специфические праймеры (короткие олигонуклеотиды, определяющие целевой участок генома), термостабильную ДНК-полимеразу, дезоксинуклеотиды и буферный раствор. Смесь помещается в термоциклер — прибор, автоматически изменяющий температуру по заданной программе. Каждый цикл PCR состоит из трёх стадий: денатурации (разделение цепей ДНК при высокой температуре), отжига праймеров (их связывание с комплементарными участками матрицы) и элонгации (синтез новых цепей полимеразой). Повторение этих циклов 30–40 раз приводит к экспоненциальному увеличению числа копий целевого фрагмента.

В eDNA-исследованиях применяются различные модификации метода, включая количественную PCR (qPCR) для оценки концентрации ДНК и метабаркодинг-PCR для одновременного обнаружения множества видов. Особое внимание уделяется контролю загрязнений: используются отрицательные и положительные контроли, отдельные зоны подготовки реакций и фильтр-наконечники. Корректно проведённая амплификация обеспечивает высокую чувствительность метода, позволяя обнаруживать даже редкие или скрытые виды, присутствующие в экосистеме лишь по следам генетического материала.

Секвенирование и анализ данных

Этап секвенирования и последующего анализа данных является завершающей и аналитически наиболее сложной стадией исследования экологической ДНК (eDNA), на которой амплифицированные генетические фрагменты преобразуются в цифровую информацию о составе биологических сообществ. После проведения полимеразной цепной реакции полученные ампликоны подготавливаются к секвенированию посредством создания библиотек ДНК. Этот процесс включает очистку продуктов ПЦР, добавление адаптеров и индексов (штрих-кодов), позволяющих одновременно анализировать множество образцов в одном запуске секвенатора. Такая мультиплексная стра-

тегия значительно повышает эффективность исследований и снижает стоимость анализа [6].

Секвенирование чаще всего выполняется на платформах высокопроизводительного секвенирования нового поколения (NGS), способных генерировать миллионы коротких последовательностей за один запуск. Результатом является набор сырых чтений (raw reads), представляющих фрагменты ДНК различных организмов, присутствовавших в исходной пробе. Эти данные требуют обязательной биоинформатической обработки, поскольку в исходном виде они содержат ошибки секвенирования, адаптерные последовательности и низкокачественные участки.

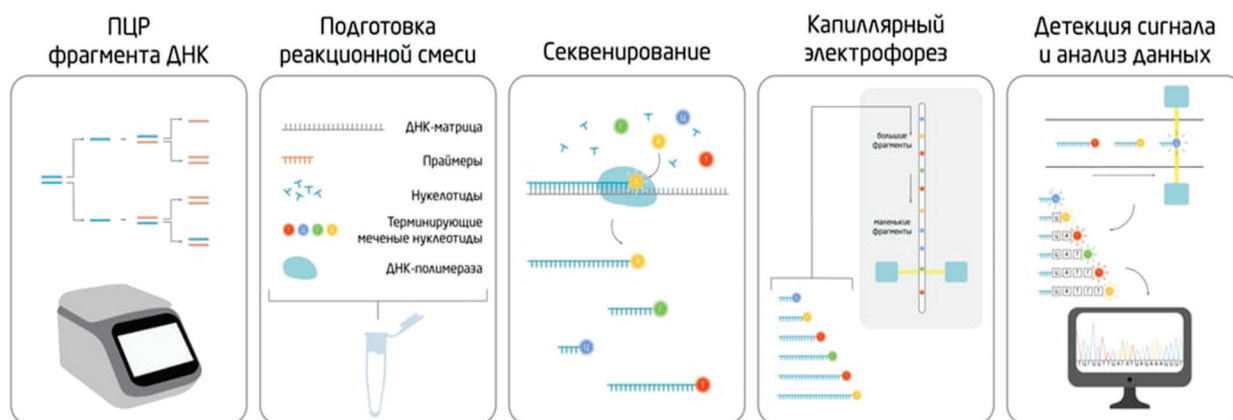


Рисунок 5. Биоинформатическая обработка данных [7].

Биоинформатический анализ начинается с этапа контроля качества, включающего фильтрацию коротких или повреждённых чтений, удаление химерных последовательностей и коррекцию ошибок. Далее выполняется кластеризация последовательностей в операционные таксономические единицы (OTU) или ампликонные варианты последовательностей (ASV), которые представляют уникальные генетические сигнатуры организмов. Полученные последовательности сравниваются со справочными генетическими базами данных с использованием алгоритмов выравнивания и классификации, что позволяет опреде-

лить таксономическую принадлежность обнаруженных организмов.

Заключительный этап анализа включает статистическую обработку и экологическую интерпретацию результатов. Исследователи рассчитывают показатели альфа- и бета-разнообразия, строят матрицы присутствия-отсутствия видов, проводят ординационный анализ, моделирование распределения таксонов и оценку достоверности обнаружений.

Особое внимание уделяется учёту ложноположительных и ложноотрицательных результатов, что достигается использованием контролей, репликатов и пороговых значений детекции.

Таким образом, секвенирование и анализ данных представляют собой интегрированный молекулярно-вычислительный этап, преобразующий следы генетического материала из окружающей среды в количественную и качественную информацию о биоразнообразии. Именно на этой стадии формируются научные выводы об экологической структуре сообществ, динамике экосистем и пространственных закономерностях распределения видов [8].

Результаты анализа и их обсуждения

Методы анализа экологической ДНК (eDNA) обладают значительным потенциалом для глобального мониторинга биоразнообразия благодаря своей высокой чувствительности, масштабируемости и способности одновременно выявлять широкий спектр таксонов из одного образца окружающей среды. В отличие от традиционных подходов, требующих непосредственного наблюдения организмов, eDNA позволяет фиксировать присутствие видов по следам их генетического материала, что особенно важно для обнаружения редких, скрытных, ночных или мигрирующих организмов. Стандартизация протоколов отбора проб, амплификации и анализа данных открывает возможность сопоставления результатов между регионами и временными периодами, что делает eDNA перспективным инструментом для международных программ мониторинга экосистем, оценки эффективности природоохранных мер и отслеживания изменений биоразнообразия в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий.

Тем не менее, несмотря на значительные преимущества, применение методов eDNA сопровождается рядом фундаментальных ограничений, которые необходимо учитывать при интерпретации результатов. Одним из ключевых факторов является деградация ДНК в окружающей среде. Генетический материал подвержен разрушению под воздействием ультрафи-

олетового излучения, температуры, активности микроорганизмов и химических параметров среды. В результате обнаруженная ДНК может отражать присутствие организма в прошлом, а не в момент отбора пробы, что усложняет временную интерпретацию данных и требует учёта скорости распада молекул в конкретных экологических условиях.

Другим важным ограничением является пространственный перенос молекул ДНК, особенно в водных экосистемах. Потоки воды, ветровая транспортировка частиц или механическое перемешивание осадков способны переносить фрагменты ДНК на значительные расстояния от источника. Это может приводить к регистрации видов вне их фактического места обитания и создавать трудности при определении точного локального распределения организмов. Для корректной интерпретации результатов необходимо учитывать гидрологические процессы, структуру течений и особенности ландшафта.

Существенным ограничением остаётся также неполнота референсных генетических баз данных, используемых для таксономической идентификации последовательностей. Многие виды, включая даже формально описанные, ещё не представлены в публичных геномных библиотеках, а для некоторых групп организмов — особенно беспозвоночных, микроорганизмов и тропических таксонов — данные крайне фрагментарны. В таких случаях последовательности eDNA могут оставаться неопределёнными на уровне вида или даже рода, что снижает разрешающую способность метода. Кроме того, ошибки аннотации в базах данных способны приводить к некорректной классификации.

Таким образом, несмотря на высокий потенциал eDNA как универсального инструмента глобального экологического мониторинга, его эффективное при-

менение требует комплексного подхода, включающего развитие справочных баз последовательностей, совершенствование протоколов отбора и анализа, а также интеграцию молекулярных данных с экологическими, гидрологическими и биогеографическими моделями. Учет этих факторов позволяет минимизировать неопределённости и существенно повысить научную ценность результатов исследований.

Выводы

Методы анализа экологической ДНК (eDNA) представляют собой высокочувствительный и технологически продвинутый подход к оценке биоразнообразия, позволяющий получать достоверную информацию о составе биологических сообществ без непосредственного контакта с организмами. Их применение существенно расширяет возможности экологического мониторинга, обеспечивая выявление редких, криптических и труднообнаружимых видов, а также позволяя проводить масштабные сравнительные исследования в пространстве и времени. Современные достижения в области молекулярной биологии, секвенирования нового поколения и биоинформатики сделали возможным внедрение eDNA как универсального инструмента для фундаментальных исследований и практических природоохранных задач.

Вместе с тем корректность интерпретации результатов требует учёта методологических ограничений, связанных с деградацией ДНК, транспортом генетического материала в окружающей среде и неполнотой справочных баз последовательностей. Эти факторы могут влиять на точность определения локального присутствия видов и таксономическую разрешающую способность анализа. Следовательно, дальнейшее развитие метода должно быть направлено на стандартизацию протоколов, расширение референсных баз данных, совершенствование ана-

литических алгоритмов и интеграцию молекулярных данных с экологическими и геопространственными моделями.

Таким образом, экологическая ДНК формирует новую парадигму мониторинга биоразнообразия, сочетающую высокую информативность, масштабируемость и воспроизводимость. При условии методической унификации и международной кооперации eDNA способна стать ключевым инструментом глобальных программ наблюдения за состоянием экосистем, оценки антропогенного воздействия и научного обоснования природоохранной политики.

Литература

1. Шарипов С.А. Моҳият ва мафҳуми ДНК-и экологӣ дар Заминаи мониторинги экологӣ / С.А. Шарипов // Захираҳои об, энергетика ва экология. – 2025. – Ҷ.5. – №4. – С.142-149.
2. Танер Чевик. Экологическая ДНК (eDNA): обзор методов обнаружения и применения экосистемного биоразнообразия / Чевик Танер // Биоразнообразие и сохранение (2025) 34:2999–3035
3. Круз-Кано Р/ Имеющиеся данные об использовании ДНК окружающей среды в качестве оперативного метода изучения рек: систематическая карта и тематический синтез / Р. Круз-Кано // Springer Nature. – 2024. – Т.13. – №2.
4. DNA quantification methods: determine the concentration, yield and purity of samples. Integra-biosciences / Éva Mészáros// https://www.integra-biosciences.com/global/en/blog/article/dna-quantification?utm_source
5. Саху Ашиш. Систематический обзор науки об экологической ДНК (eDNA): экологически чистый метод исследования для сохранения и восстановления хрупких экосистем / Саху Ашиш // Экологические индикаторы – <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113441>
6. Елена Вальсеч. Новые универсальные примеры для метабаркодинга eDNA-исследований морских млекопитающих и других морских позвоночных. Анализ данных eDNA. Экологическая ДНК 2 (4), 460-476
7. Алехандро Де Сантьяго. Устойчивые пробелы и ошибки в справочных базах данных препятствуют экологически значимым таксономическим определениям в исследованиях 18S рРНК: пример наземных и морских нема-

- тод // PUBMED <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40994536>
8. Taberlet, P., Coissac, E., Hajibabaei, M., & Rieseberg, L. H. / P. Taberlet., E. Coissac., Hajibabaei, M., L. H. Rieseberg., // Environmental DNA. Nature Reviews Microbiology, 2012 -10, с. 467–478\
 9. Шарипов С.А. Днк-и экологӣ ҳамчун асоси методологӣ барои арзёбии ҳолат ва динамикаи гуногунии биологӣ ва идоракунии устувори захираҳои табиӣ Тоҷикистон / С.А. Шарипов, О.Ҳ. Амирзода // Захираҳои об, энергетика ва экология. – 2025. – Ҷ.6. – №1. – С.101-112.

ҶАРАЁНИ КОРИИ ҲАМГИРОЁНАШУДА БАРОИ ТАҲЛИЛИ ДНК-И ЭКОЛОГӢ: АЗ НАМУНАГИРӢ ТО ТАФСИРИ МАЪЛУМОТ

Шарипов С.А.^{1,*}, Хомидов С.К.¹, Рауфи К.А.¹,
Исаев Дж.А.¹, Азизов Д.Н.¹

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

*Муаллифи масъул. E-mail: sharipovsa1988@gmail.com;

Шарҳи мухтасар. ДНК-и муҳити зист (eDNA) як усули муосири молекулавӣ барои мониторинги гуногунии биологӣ мебошад, ки имкон медиҳад организмҳо дар асоси нишонаҳои маводи генетикӣ, ки дар муҳити зист боқӣ мемонанд, муайян карда шаванд. Дар ин мақола шарҳи систематикӣ ҷараёни пурраи таҳлили eDNA, аз ҷумла намунагирӣ, консентратсия ва истихроҷи ДНК, тақвият, пайдарпайӣ ва коркарди маълумоти биоинформатикӣ пешниҳод мекунад. Таваҷҷӯҳи махсус ба таҷҳизоти лабораторӣ, стандартҳои назорати сифат, такроришавандагии натиҷаҳо ва талабот барои нигоҳдорӣ ва тафсири маълумот равона карда шудааст. Омилҳои калидӣ, ки ба дақиқии таҳлил таъсир мерасонанд, аз ҷумла ифлосшавӣ, интиҳоби праймерҳо ва пуррагии пойгоҳҳои додаҳои пайдарпайии истинодӣ ба назар гирифта мешаванд. Бозёфтҳои потенциали баланди eDNA-ро ҳамчун воситаи бисёрҷониба барои мониторинги муҳити зист, арзёбии экосистема ва дастгирии қарорҳои ҳифзи табиат дар сатҳҳои маҳаллӣ ва ҷаҳонӣ тасдиқ мекунад.

Калидвожаҳо: ДНК-и экологӣ, биомониторинг, метабаркодгузорӣ, секвенсия, гуногунии биологӣ.

UNINTEGRATED WORKFLOW FOR ECOLOGICAL DNA ANALYSIS: FROM SAMPLING TO DATA INTERPRETATION

Sharipov S.A.^{1,*}, Homidov S.K.¹, Raufi K.A.¹,
Isoev J.A.¹, Azizov D.N.¹

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

*Corresponding author. E-mail: sharipovsa1988@gmail.com

Abstract. Environmental DNA (eDNA) is a modern molecular method for monitoring biodiversity, allowing the detection of organisms based on traces of genetic material persisting in the environment. This article presents a systematic overview of the complete eDNA analysis workflow, including sampling, DNA concentration and extraction, amplification, sequencing, and bioinformatics data processing. Particular attention is paid to laboratory equipment, quality control standards, reproducibility of results, and requirements for data storage and interpretation. Key factors affecting the accuracy of the analysis are considered, including contamination, primer selection, and the completeness of reference sequence databases. The findings confirm the high potential of eDNA as a versatile tool for environmental monitoring, ecosystem assessment, and support for conservation decisions at the local and global levels.

Key words: environmental DNA, biomonitoring, metabarcoding, sequencing, biodiversity

Маълумот дар бораи муаллифон: Шарипов Саид Аҳмадович – ходими калони илмӣ шӯъбаи экологияи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, E-mail: sharipovsa1988@gmail.com; Хомидов Солеҳон Каримович – ходими илмӣ шӯъбаи экологии Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, E-mail: soleh.homid.k@gmail.com; Рауфӣ Комил Абдуғаффорзода – ходими калони илмӣ Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, E-mail: komilra06@gmail.com; Исаев Ҷамшед Алимҷонович – ходими калони илмӣ бахши илмӣ-таҳлилий ва

иттилоотии Иституту масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, E-mail: isajam@mail.ru; Азизов Далер Нематҷонович – ходими илмӣи шуъбаи идоракунии захираҳои об ва обсарфанамоии Институту масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, E-mail: dalerazizov220888@gmail.com.

Сведения об авторах: Шарипов Саид Ахмадович – старший научный сотрудник отдела экологии Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, E-mail: sharipovsa1988@gmail.com; Хамидов Солеҳ Каримович – старший научный сотрудник отдела экологии Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, E-mail: soleh.homid.k@gmail.com; Рауфи Комил Абдугаффорзода – старший научный сотрудник Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, E-mail: komilra06@gmail.com; Исаев Джамшед Алимджанович – старший научный сотрудник научно-аналитического и информационного сектора Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, E-mail: isajam@mail.ru; Азизов Далер Нематдҷонович – научный сотрудник Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, E-mail: dalerazizov220888@gmail.com.

Information about the authors: Sharipov Said Akhmadovich – senior researcher at the Department of Ecology of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the NAST, E-mail: sharipovsa1988@gmail.com; Khamidov Solekh Karimovich – senior researcher at the Department of Ecology of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the NAST, E-mail: soleh.homid.k@gmail.com; Raufi Komil Abdugafforzoda – senior researcher at the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the NAST, E-mail: komilra06@gmail.com; Isaev Jamshed Alimdzhanovich – senior researcher of the scientific-analytical and information sector of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the NAST, E-mail: isajam@mail.ru; Azizov Daler Nematdzhonovich – research fellow at the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the NAST, E-mail: dalerazizov220888@gmail.com.

УДК 338.48:502.131.1(575.3)

РУШДИ ҲУДУДИИ ТУРИЗМИ ЭКОЛОГӢ ВА ФАӢОЛИЯТИ РЕКРЕАТСИОНӢ ДАР АСОСИ ЗАХИРАӢОИ ТАБИӢ

Қодирзода У.Қ.^{1,*}

¹Донишгоҳи давлатии омӯзгорӣи Тоҷикистон ба номи Садриддин Айни

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

Шарҳи мухтасар. Дар мақолаи мазкур масъалаҳои рушди ҳудудии туризми экологӣ ва фаъолияти рекреатсионӣ дар ноҳияи иқтисодии Бадахшон дар асоси захираҳои табиӣю таърихӣю фарҳангии минтақа мавриди таҳлили илмӣ қарор гирифтаанд. Тавассути усулҳои мушоҳидаи саҳроӣ, таҳлили омӯрӣ ва пурсишномагирии сайёҳон иқтисодии рекреатсионии минтақа арзёбӣ шуда, мушкилоти инфрасохторӣ ва роҳҳои ҳалли онҳо муайян гардидаанд. Нишондиҳандаҳои миқдорӣ қараёни сайёҳон, даромади соҳа ва пешгӯии рушд то соли 2034 пешниҳод шудааст. Пешниҳодҳои амалӣ оид ба таъсиси мактаби кӯҳнавардӣ, таъмири ёдгориҳои бостонӣ ва ҷалби ҷамоатҳои маҳаллӣ ба идоракунии сайёҳӣ баён гардидаанд.

Калидвожаҳо: туризми экологӣ, фаъолияти рекреатсионӣ, Бадахшон, захираҳои табиӣ, инфрасохтори сайёҳӣ, рушди устувор, Боғи миллии Тоҷикистон, кӯҳнавардӣ.

Мукаддима

Туризми экологӣ дар замони муосир ҳамчун яке аз самтҳои стратегии инкишофи иқтисодию иҷтимоии минтақаҳои кӯҳӣ мавқеи хоссаро ишғол менамояд. Дар шароити ҷаҳонишавӣ ва афзоиши таваҷҷуҳ ба ҳифзи муҳити зист, минтақаҳои дорои захираҳои нодири табиӣ ба маркази диққати ҷомеаи байналмилалӣ сайёҳӣ табдил меёбанд. Бадахшон – ин як пораи Тоҷикистон барҳақ, зодбуми муъҷизаҳои табиат, қиссаву ривоятҳои қадима ва ди-

ёри руёҳҳо мебошад ва маҳз ҳар сол тобистон дар инҷо шумораи табиатдӯстону сайёҳон дучанд меафзояд. Вилояти Мухтори Кӯҳистони Бадахшон бо масоҳати 64 200 км², ки 44,5% ҳудуди кишварро ташкил медиҳад, аз лиҳози захираҳои рекреатсионӣю табиӣ яке аз ғанитарин минтақаҳои Осиёи Марказӣ ба шумор меравад. Танҳо Боғи миллии Тоҷикистон дар мавзёҳои Бадахшону Олой метавонад муаррифгари кишвари мо чун диёри сайёҳӣ дар ҷаҳон гардад, зеро ин боғ нодиртарин гӯ-

шаи табиӣи дунё махсуб ёфта, ҳанӯз соли 2013 ба Феҳрасти ҷаҳонии ЮНЕСКО шомил шудааст. Чунон ки Асосгузори сулҳу ваҳдати миллӣ – Пешвои миллат, Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон муҳтарам Эмомалӣ Раҳмон изҳор намуданд, танҳо кӯли Сарез метавонад то ба абад мардуми Осиёи Марказиро бо оби ошомиданӣ таъмин наояд. Фаъолияти рекреатсионӣ дар минтақаҳои баландкӯҳ на танҳо ба ҷалби сармоя гузориҳои хориҷӣ мусоидат менамояд, балки барои бехбудии сатҳи зиндагии аҳолии маҳаллӣ, ҳифзи мероси фарҳангӣ таърихӣ ва нигоҳдории экосистемаҳои кӯҳӣ нақши калидӣ мебозад. Дар тамоми ҷаҳон танҳо ду минтақаи ба Бадахшон монанд – баландкӯҳҳои Тибет ва Боливия – мавҷуд аст, ки ин худ нодирӣ табиӣи минтақаро нишон медиҳад [3]. Ҳамин тариқ, мақсади тадқиқоти мазкур таҳлили ҳаматарафаи иқтисодии рекреатсионӣи экологии ноҳияи иқтисодии Бадахшон ва муайян намудани самтҳои афзалиятноки рушди устувори туризм дар ин минтақа мебошад.

Усулҳои тадқиқот

Дар раванди омӯзиши масъала аз маҷмӯи усулҳои таҳлили низомӣ, аз ҷумла мушоҳидаи саҳроӣ ва экспедитсионӣ дар минтақаҳои кӯҳии Бадахшон, таҳлили қиёсии захираҳои табиӣи рекреатсионӣ ва усули таърихӣи географӣ ҷиҳати арзёбии ҳолати ёдгориҳои бостонӣ истифода шудааст. Ҳамзамон, тавассути кор бо сарчашмаҳои адабӣ, маълумоти омӯрӣ ва гузаронидани мусоҳибаҳо бо сайёҳони хориҷӣ, иқтисодии инфрасохтори соҳаи сайёҳӣ дар ноҳияҳои Ишқошиму Рӯшон мавриди таҳлилу баррасӣ қарор гирифтааст. Барои арзёбии захираҳои рекреатсионӣ усули баллии баҳодихӣ истифода шуд, ки мувофиқи он ҳар як компоненти табиӣ аз 1 то 5 балл баҳогузори гардид. Маълумоти омӯрӣ аз маркази Кумитаи рушди сайёҳии ВМКБ барои солҳои 2019-2024 ҷамъоварӣ шуда, тавассути таҳлили регрессионӣ ва қиёсӣ

коркард гардиданд. Дар ҷараёни экспедитсияҳои саҳроӣ, ки дар моҳҳои июн-август гузаронида шуданд, вазъи инфрасохтори сайёҳӣ дар масири шоҳроҳи М-41, водии Вахону Форон ва минтақаи Зоркӯлу Қаракӯл мавриди мушоҳида ва арзёбӣ қарор гирифт. Инчунин, барои муайян намудани дараҷаи қаноатмандии сайёҳон пурсишномаи махсус таҳия ва дар байни 87 сайёҳи хориҷӣ ва 134 сайёҳи дохилӣ гузаронида шуд [4]. Натиҷаҳои пурсишномагирӣ тавассути барномаи SPSS-26 коркард гардид, зарибҳои ҳамбастагии Пирсон байни сифати инфрасохтор ва сатҳи қаноатмандии сайёҳон ҳисоб карда шуд. Тамоми нишондиҳандаҳо дар заминаи стандартҳои байналмилалӣ баҳогузори захираҳои рекреатсионии ЮНВТО муқоиса ва таҳлил гардиданд.

Натиҷаҳо

Ноҳияи иқтисодии Бадахшон аз лиҳози таркиби захираҳои рекреатсионӣ яке аз мутанаввеътарин минтақаҳои тамоми ҷаҳон пасошӯравӣ махсуб мешавад. Дар ҳудуди ин минтақа зиёда аз 140 ҷашмаи рӯдҳои зулол, даҳҳо кӯлҳои баландкӯҳӣ ва садҳо пириҳои азим ҷойгир шудаанд, ки ҳар кадоме аз онҳо арзиши баланди рекреатсионӣ дорад. Кӯли Сарез дар баландии 3263 метр аз сатҳи баҳр қарор дошта, 17 миллиард метри мукааб обро ҷамъ намуда, аз ҷиҳати ҳаҷм яке аз бузургтарин кӯлҳои сунъӣи баландкӯҳӣи ҷаҳон мебошад. Дар қатори Яшиқӯл ва Рангкӯл, муъҷизаи дигари инҷо Зоркӯл аст, ки олами бойи набототу парандагонаш таваҷҷуҳи сайёҳонро зуд ба худ ҷалб месозад ва дар дунё беназир арзёбӣ мегардад. Боғи миллии Тоҷикистон бо масоҳати 2,6 миллион гектар 18 дарсади масоҳати умумии Тоҷикистон ва 60 дарсади ҳудуди ВМКБ-ро фаро мегирад, ки ин нишондиҳанда дар миқёси Осиёи Марказӣ беназир аст [2]. Минтақаи дорои қаторкӯҳҳои Академияи илмҳо, Зоологӣ, Зулумарт, Ванҷ, Язгулом ва Дарвоз мебошад, ки қулҳои баландтарини онҳо аз 7000 метр мегузаранд.

Иқлими минтақа бо тафовути барҷастаи фаслӣ ва баландкӯҳӣ тавсиф мегардад: дар як гӯша баҳор ҳукмфармо аст, дар гӯшаи дигар тобистон ва қуллаҳои барфпӯш фасли зимистонро ба чилва меоваранд. Ба қуллаи Исмоили Сомонӣ (7495 м) беш аз бист масири кӯҳнавардӣ тай шудааст, ки масири классикии баромад аз ҷамани Москвин оғоз мешавад ва ин худ аҳамияти байналмилалӣ минтақаро дар соҳаи альпинизм нишон медиҳад.

Тибқи маълумоти ҷамъоварӣшуда, шумораи сайёҳони хориҷӣ дар ВМКБ дар давраи солҳои 2019-2024 тамоюли устувори афзоишро нишон медиҳад, ҳарчанд дар солҳои 2020-2021 бар асари пандемияи COVID-19 коҳиши назаррас ба мушоҳида расид. Агар соли 2019 шумораи сайёҳони хориҷии ворид ба минтақа 4850 нафарро ташкил медод, пас соли 2020 ин нишондиҳанда ба 980 нафар коҳиш ёфта, аммо соли 2023 ба 6340 нафар расид, ки нисбат ба сатҳи пеш аз пандемия 30,7% зиёд мебошад. Даромади умумӣ аз соҳаи

сайёҳии минтақа соли 2023 ба 8,4 миллион доллари амрикоӣ баробар буд, ки аз ин маблағ 62 фоизро сайёҳии экологӣ ташкил медод. Натиҷаҳои пурсишнома нишон доданд, ки 78,2 фоизи сайёҳони хориҷӣ мақсади асосии сафарашонро тамошои манзараҳои табиӣ ва фаъолияти экологӣ номиданд, ки ин бартариҳои воситаи сайёҳии табиатмеҳвар будани минтақаро тасдиқ менамояд. Зарибҳои ҳамбастагии ба даст овардашуда ($r=0,84$, $p<0,01$) робитаи қавии мусбатро байни сифати инфрасохтори роҳ ва сатҳи қаноатмандии сайёҳон ошкор сохтанд. Ҳамзамон, 67 фоизи сайёҳони мавриди пурсиш сатҳи инфрасохтори мавҷударо «қаноатбахш» ва «миёна» арзёбӣ намуданд, ки ин зарурати сармоягузориҳои иловагиро дар ин самт нишон медиҳад. Таҳлили географияи сайёҳон нишон дод, ки бештаринаи онҳо (34%) аз кишварҳои Аврупои Ғарбӣ, 22% аз Амрикои Шимолӣ, 18% аз кишварҳои ИДМ ва 26% аз минтақаҳои дигари ҷаҳон ташриф меоваранд.



Расми 1. Ҳолати кунунии захираҳои рекреатсионӣ ва ҷозибанокии манзараҳои табиӣ минтақа дар мисоли мавзёҳои экотуристии ноҳияи Ишкошим.

Замини махсуси ин минтақаи кишварамон барои рушди сафарҳои сайёҳӣ, машғулият ба шухпаймӣ, кӯҳнавардӣ,

сайёҳии кӯҳӣ дар ҳамбастагӣ бо шикор ва аксбардорӣ, рафтинг, парапланеризм ва дигар навъҳои сайёҳии экстремалӣ

мусоидат менамояд. Ҳамасола дар Тоҷикистон Экспедитсияи байналмилалӣ кӯҳнавардон баргузор мегардад, ки ҳангоми он кӯҳнавардон аз кишварҳои гуногуни ҷаҳон ба қуллаҳои баландтарини Бадахшон мебароянд. Дар минтақа бисёр сайёҳон барои тамошои пирияхҳо сафар мекунанд, вале дар Бадахшон, ки қариб саросар кӯҳсор аст, то ҳанӯз мактаби кӯҳнавардӣ таъсис наёфтааст, ҳол он ки дар инҷо барои ривочи кӯҳнавардӣ имкониятҳои васеъ мавҷуданд. Минтақаҳои моҳигирии Зоркӯл ва Ишматкӯл ба таври ҳамешагӣ дӯстдорони худро доранд ва барои дӯстдорони шикор ширкатҳои махсус хидмат мерасонанд [5]. Ассотсиатсияи эко-фарҳангии сайёҳии Бадахшон (ПЭК-ТА) бо дастгирии Барномаи ҷонибдори инкишофи иҷтимоии манотиқи кӯҳистонии Ҳазинаи Оғохон ташкил ёфта, хатсайрҳои сайёҳиро таҳия намудааст, ки тавасути онҳо сайёҳон ба мавзеҳои таърихӣ, фарҳангӣ ва фароғатӣ сафар менамоянд. Фестивали «Табиати ваҳшии Бадахшон», ки дар водии Ваҳони Ишкошим доир мегардад, ҳамчун намунаи муваффақи ҷалби сайёҳон ба фаъолиятҳои экологӣ фарҳангӣ арзёбӣ мешавад. Таҳлили натиҷаҳо нишон медиҳад, ки иқтидори минтақа барои рушди камаш панҷ навъи асосии сайёҳии экологӣ – алпинизм, трекинг, сайёҳии илмӣ, моҳигирии варзишӣ ва шиноварзии кӯҳӣ (рафтинг) – кифоя мебошад.

Бадахшон натавонад макони муъҷизаҳои табиату наботот ва ҳайвоноти нодир, балки сарзамини эҳёи хунаҳои мардумӣ, макони сарватҳои таърихӣ, мавҷудияти нишонаҳои ориёӣ, исломӣ, буддоӣ ва қалъаҳои бостонӣ маҳсуб мешавад. Дар ноҳияи Ишкошим 103 ёдгории таърихӣ ба қайд гирифта шудааст, ки аз ҷумлаи муҳимтаринашон Қалъаи абрешим, Маъбади Будо, Тақвими сангӣ, Қалъаи Ямчун ва Қалъаи Қаҳқаҳа мебошанд. Қалъаи Қаҳқаҳа 675 метр дарозӣ дошта, аз пойдевори сангин сохта шудааст ва баъд аз

ворид гаштан ба Фехрасти сарватҳои ЮНЕСКО таваҷҷуҳи шумораи зиёди сайёҳони ҷаҳонро ба худ ҷалб намудааст [1]. Дар асрҳои VI–VII то милод Ишкошим маркази қавмҳои ориётабори тоифаҳои Ҳинду Эрон будааст ва Шоҳроҳи Абрешим аз ҳамон давра аз водии Ваҳон мегузашт, ки ин арзиши таърихӣ фарҳангии минтақаро чандин маротиба афзоиш медиҳад. Маконҳои муқаддас чун мазори Шоҳқамбари Офтоб, мазори Шоҳимардон, мазори Чилтан ва дигарҳо дар ҳудуди ноҳия ҷойгиранд ва мӯҷиби устувории эътиқоду арзишҳои фарҳангии мардум мебошанд. Осорхонаи таърихӣ-кишваршиносии фарҳангшинос Одинамамади Мирзо ба сайёҳон як ҷаҳон таассурот мебахшад, хусусан ҳунари зебои бонувони Бадахшонӣ – гулдӯзиҳои тоқӣ, саростин, куртаи бадахшонӣ – писанди сайёҳони хориҷӣ мебошад. Овозаи маҳсули дастони хунардон то ба хориҷи кишвар рафта, аксари сайёҳони ба ин минтақа омада, табаку ҷӯробҳои Ишкошимро ҷӯё мешаванд, ки ин омили муҳими рушди иқтисоди маҳаллӣ аз ҳисоби туризм мебошад.

Муҳокима

Натиҷаҳои тадқиқот имкон доданд, ки самтҳои афзалиятноки истифодаи рекреатсионии захираҳои табиӣ минтақа муайян карда шаванд. Самти нахустин – сайёҳии бальнеологӣ мебошад, ки бар пояи чашмаҳои обҳои маъданӣ гарм рушд меёбад. «Гармчашма» ҳамчун мавзеи бальнеологии дорои аҳамияти байналмилалӣ баррасӣ мегардад: ҳарорати об дар дохили ҳавзҳо аз +38 то +50°C буда, оби сулфиди ангидриди карбонӣ он барои табобати бемориҳои пӯст илман исбот шудааст [3]. Он дар қисмати ҷанубу ғарбии вилоят, 45 км дуртар аз шаҳри Хоруг, дар баландии 2325 метр аз сатҳи баҳр ҷойгир буда, сокинони маҳаллӣ оби чашмаро муқаддас мешуморанд, зеро хусусияти табобатии он аз замони қадим маълум аст. Самти дуввум – алпинизм ва кӯҳнавардии варзишӣ аст, ки дар он қул-

лаҳои баландтарини минтақа, аз ҷумла Исмоили Сомонӣ (7495 м) ва Карл Маркс (6726 м), нақши муҳим мебозанд. Самти саввум – сайёҳии маърифатӣ фарҳангӣ бо бозид аз ёдгориҳои бостонӣ, осорхонаҳо ва иштирок дар маросимҳои анъанавии мардумӣ мебошад. Самти чорум – трекинг ва рӯхпаймоӣ дар масирҳои муайяни кӯҳӣ, ки аз водиҳои Вахону Ғорон то минтақаҳои Зоркӯлу Қаракӯл кашида шудаанд. Самти панҷум – шиноварзии кӯҳӣ (рафтинг) дар дарёҳои пуртуғёи Панҷу Ғунт мебошад, ки дар солҳои охир таваҷҷуҳи сайёҳони экстремалиро бештар ҷалб менамояд.

Ишқошим ноҳияи баландкӯҳ аст ва аз маркази вилоят дар масофаи 105 километр воқеъ гардидааст, ки ин худ як масири мустақили сайёҳиро ташкил медиҳад. Масоҳати асосии ноҳияро қаторкӯҳҳои Шохдара ва водиҳои Ғорону Вахон ташкил медиҳанд ва обу ҳавои мусоффову беғубори он бо фарози қуллаҳо ва табиати зебоаш ҳар бинандаро мафтун мекунад. Алҳол ширкатҳои сайёҳии «Бадахшон – Вахон саёҳат» ва «Вахон-тур» дар хизмати сайёҳони дохиливу хориҷӣ қарор доранд ва ҶДММ «Ёқути Даршай» барои дӯстдорони шикор хидмат мерасонад. Деҳаи Ширгин, ки дар Ҷамоати деҳоти Вахон ҷойгир шудааст, аз қадимтарин деҳаҳои ноҳия ба шумор рафта, дар баландии 2830 метр аз сатҳи баҳр воқеъ гардидааст ва бо обҳои маъдани сарду гарм саршор аст [4]. Шохбоғи деҳа бо дарахтони гуногуни мевадихандааш, ки дар ҷунин иқлими сард нашъунамо меёбанд, бинандаро мафтун месозад ва барои рушди агротуризм имконияти бузург мекушояд. Дар гирду атрофи деҳа 25 мазор ҷойгир аст, ки ҳар кадом аз замону даврони гуногун ҳикоят мекунад ва анъанаву русуми хоси мардумаш аз дигар минтақаҳо фарқ дорад. Сайёҳони мавриди мусоҳиба тасдиқ намуданд, ки барои دیدани тамоми диданиҳои танҳо як деҳа як рӯз камӣ мекунад ва ин нишон медиҳад, ки мӯҳла-

ти миёнаи истиқомати сайёҳон метавонад ба таври назаррас дароз шавад. Натиҷаи таҳлили мо нишон дод, ки рушди инфрасохтор дар Ишқошим метавонад даромеди маҳаллиро аз соҳаи сайёҳӣ то 2,5 баробар зиёд намояд.

Дар баробари иқтидори бузурги рекреатсионӣ, рушди туризми экологӣ дар минтақа бо як қатор мушкилоти ҷиддӣ ва маҳдудиятҳои сохторӣ рӯ ба рӯ мебошад. Аввалан, мушкилоти инфрасохтори роҳҳо ва нақлиёт яке аз монеаҳои асосӣ маҳсуб мешавад: аз Душанбе то Хоруғ 18 соат роҳ аст ва аз Хоруғ то маркази Ишқошим чор соати дигар мебарад, дар ҳоле ки қисматҳои роҳ бо иллати боришоти зиёд дар мавсимҳои гуногун зери об мемонанд [5, с. 72]. Дуввум, камбудии меҳмонхонаву тарабхонаҳои замонавӣ дар деҳоти минтақа таъсири манфӣ ба мӯҳлати истиқомати сайёҳон мерасонад – ҳарчанд имрӯз дар маркази ноҳияҳо ва деҳот ошхона ва меҳмонхонаҳои замонавӣ зиёд бошанд ҳам, ҳанӯз кофӣ нестанд. Саввум, вазъи сарватҳои бостонӣ дар ноҳияи Рӯшон ноговор аст: аз қариб 70 ёдгории таърихиву фарҳангии мавҷуда аксари онҳо таъмирталабанд ва қисме аз бетавачҷуҳӣ сол ба сол вайрону валангор гардида, бахше талаву тороч ва ҳатто бенишон гаштаанд. Чорум, набудани мактаби кӯҳнавардӣ дар минтақа, ки қариб саросар кӯҳсор аст, имкониятҳои тайёрии кадрҳои касбиро маҳдуд месозад. Панҷум, Рӯшон ҳамчун диёри фарҳангhez то ҳанӯз осорхонаи расмӣ надорад, ки ин омили ҷиддии монеакунанда дар ҷалби сайёҳони фарҳангдӯст мебошад. Ба таври маҷмӯъ, натиҷаҳои тадқиқот нишон доданд, ки маҳз нокифоягии инфрасохтор (на камбудии захираҳои табиӣ) омили асосии маҳдудсозандаи рушди соҳа дар минтақа мебошад. Масъалаи ҳифзи Қалъаи Вамар намунаи возеҳи зиддияти байни иқтидори бузурги мероси фарҳангӣ ва бепарвоии маъмурӣ мебошад.

Яке аз шартҳои асосии рушди усту-

вори туризм ва фаъолияти рекреатсионӣ дар шароити баландкӯҳии Бадахшон, ин таъмини бехатарии экологӣ ва физикии сайёҳон аз офатҳои табиӣ, бахусус селу обхезӣ ба шумор меравад. Бо дарназардошти осебпазирии минтақа, тайи солҳои охир аз ҷониби Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон ва Кумитаи ҳолатҳои фавқулодда тадбирҳои маҷмӯии муҳандисию техникӣ амалӣ карда шуданд. Аз ҷумла, дар мавзёҳои хавфноктарин, ба монанди қад-қади дарёҳои Панҷ, Ғунт ва Шохдара, иншооти соҳилмустаҳкамкунӣ бо истифода аз тӯрҳои габионӣ ва деворҳои оҳанубетонӣ бунёд гардидаанд, ки инфрасохтори сайёҳӣ ва шохроҳи М-41-ро аз шустаҷавӣ муҳофизат мекунаманд. Дар баробари ин, дар ҳавзаҳои кӯли Сарез ва дигар обанборҳои баландкӯҳ системаҳои муосири огоҳкунии пешакӣ (Early Warning Systems) насб карда шудаанд, ки мониторинги шабонарӯзии сатҳи обро таъмин менамоянд. Ҳамзамон, бо мақсади паст кардани хавфи фаромадани сел дар нишебиҳои кӯҳҳо маърақаҳои ниҳолшинонӣ ва бунёди ҷангалзорҳои муҳофизатӣ (фитомелиоратсия) ба роҳ монда шудааст. Алҳол ҳангоми таҳияи хатсайрҳои нави экотуристӣ ширкатҳои сайёҳӣ харитаи минтақаҳои хавфнокро ба инобат гирифта, сайёҳонро дар давраҳои боришоти шадид ба мавзёҳои бехатар раवона месозанд.

Муқоисаи вазъи туризми экологии Бадахшон бо минтақаҳои шабеҳи ҷаҳон нишон медиҳад, ки иқтидори истифоданашуда хеле бузург аст. Масалан, минтақаи Ладакх дар Ҳиндустон, ки аз лиҳози баландкӯҳию иқлим ба Бадахшон монандӣ дорад, солона то 300 ҳазор сайёҳро қабул мекунад, дар ҳоле ки ВМКБ танҳо 6-7 ҳазор нафарро пазиروي менамояд [1, с. 58]. Албатта, ин тафовут на танҳо ба инфрасохтор, балки ба масъалаҳои бехатарӣ, рақобатпазирии нархҳо ва сатҳи маркетинги байналмилалӣ вобаста аст. Тибқи ҳисобҳои мо, бо татбиқи барномаи ком-

плексии рушд дар давраи 10 соли оянда шумораи сайёҳони хориҷиро то 25-30 ҳазор нафар дар сол расонидан имконпазир аст. Шароити мусоид барои ин чунин аст: воридшавии Боғи миллӣ ба Феҳрасти ЮНЕСКО, мавҷудияти масирҳои унікалии кӯҳнавардӣ, мероси бойи фарҳангию таърихӣ ва меҳмондӯстии мардуми маҳаллӣ. Тибқи модели пешгӯишуда, ҳиссаи сайёҳии экологӣ дар ММД-и минтақа аз 2,1 фоизи ҳозира то 5,8 фоиз дар соли 2034 афзоиш хоҳад ёфт. Барои ноил гаштан ба ин ҳадафҳо зарур аст, ки сармоягузориҳои солоне на камтар аз 15 миллион доллар дар инфрасохтори роҳ, меҳмонхонаҳо ва тайёрии кадрҳо таъмин карда шавад. Таҷрибаи байналмилалии Непал, Бутон ва Қирғизистон нишон медиҳад, ки модели сайёҳии иҷтимоъмеҳвар, ки дар он ҷамоатҳои маҳаллӣ нақши фаъол доранд, барои минтақаҳои баландкӯҳӣ бештар самараи иқтисодию иҷтимоӣ меоварад.

Хулоса

Натиҷаҳои тадқиқоти мазкур имкон доданд, ки хулосаҳои зерин бароварда шаванд. Якум, ноҳияи иқтисодии Бадахшон аз лиҳози захираҳои рекреатсионӣ табиӣ яке аз ғанитарин ва нодиртарин минтақаҳои на танҳо Тоҷикистон, балки тамоми Осиёи Марказӣ мебошад, ки иқтидори он барои рушди туризми экологӣ ба таври пурра истифода нашудааст. Дуввум, монсаби асосии рушд на камбудии захираҳои табиӣ, балки нокифоягии инфрасохтори нақлиётӣ, меҳмондорӣ ва хизматрасонии касбӣ мебошад. Саввум, мероси бойи фарҳангию таърихӣ минтақа, ки шомили садҳо ёдгории бостонӣ, мазорҳо, қалъаҳо ва анъанаҳои ҳунармандии мардумӣ мегардад, ба фаъолияти рекреатсионии табиатмеҳвар унсури иловагии ҷозибанокӣ мебахшад. Чорум, модели рушди сайёҳии иҷтимоъмеҳвар, ки дар он ҷамоатҳои маҳаллӣ нақши фаъолро ифода мекунаманд, барои шароити Бадахшон бештар мувофиқ арзёбӣ мегардад. Панҷум, бо татбиқи барномаи комплексии рушд

шумораи сайёҳони хориҷиро то 28 ҳазор нафар дар сол расонидан ва ҳиссаи соҳаро дар ММД-и минтақа то 5,8 фоиз афзоиш додан имконпазир аст. Ин хулосаҳо бо натиҷаҳои тадқиқотҳои дигар олимони дар соҳаи туризми баландкӯҳии Осиёи Марказӣ мувофиқат доранд. Илова бар ин, зарурати муҳофизати экосистемаҳои кӯҳӣ дар раванди рушди сайёҳӣ бояд ҳамчун шартӣ ҳатмӣ устуворӣ ба инobat гирифта шавад. Ба ин тарик, Бадахшон метавонад дар ояндаи наздик ба яке аз марказҳои муҳими сайёҳии экологии минтақаи Осиёи Марказӣ табдил ёбад.

Дар асоси натиҷаҳои тадқиқот пешниҳодҳои зерин барои рушди устувори туризми экологӣ дар минтақа пешкаш мегарданд. Аввалан, зарур аст, ки барномаи ҷомеи давлатии рушди инфрасохтори сайёҳии ВМКБ барои давраи 2025-2035 таҳия ва қабул карда шавад, ки дар он бунёди роҳҳои навин, меҳмонхонаҳо ва марказҳои хизматрасонӣ пешбинӣ гардад. Дуввум, таъсиси мактаби кӯҳнавардӣ ва маркази тайёрии роҳбалад дар шаҳри Хоруғ бо ҷалби мутахассисони байналмилалӣ зарур аст, зеро кадрҳои касбӣ шартӣ ҳатмӣ рушди бехатар ва сифатноки соҳа мебошанд. Саввум, таъмиру азнавсозии ёдгориҳои таърихӣ фарҳангӣ, баҳусус Қалъаи Ватар ва қалъаҳои ноҳияи Рӯшон, бояд ба барномаи давлатии ҳифзи мероси фарҳангӣ шомил гардад. Чорум, ҷалби ҷамоатҳои маҳаллӣ ба идоракунии сайёҳӣ тавассути таъсиси кооперативҳои деҳотӣ ва дастгирии ҳунармандии миллӣ ба рушди иқтисоди маҳаллӣ мусоидат хоҳад кард. Панҷум, таҳияи стратегияи маркетинги байналмилалӣ минтақа бо истифода аз статуси ЮНЕСКО-и Боғи миллӣ ва ширкат дар ярмаркаҳои байналмилалӣ сайёҳӣ самараро баланд хоҳад дод. Шашум, ҷорӣ намудани системаи мониторинги экологӣ дар минтақаҳои серталаби сайёҳӣ барои пешгирии зарари муҳити зист ва нигоҳдории экосистемаҳои нодири кӯҳӣ зарур мебошад. Ҳамин тариқ, рушди устувори туризми экологӣ дар Бадахшон на танҳо манфиати иқтисодӣ, балки ҳифзи мероси табиӣ фарҳангии ин диёри нотақрорро дар пай хоҳад дошт.

Адабиёт

1. Додхудоев, Ҳ. Н. Захираҳои рекреатсионии Бадахшон ва истифодаи онҳо дар рушди иқтисодӣ / Ҳ. Н. Додхудоев, С. М. Назарова. – Хоруғ : Нашриёти ДДБ, 2019. – 186 с.
2. Муродов, Ш. А. Боғи миллии Тоҷикистон: захираҳои табиӣ ва дурнамои рушди сайёҳӣ / Ш. А. Муродов. – Душанбе : Дониш, 2020. – 224 с.
3. Раҳимов, М. Р. Географияи сайёҳии Тоҷикистон : дастури таълимӣ / М. Р. Раҳимов, Б. Ҳ. Холиқов. – Душанбе : Ирфон, 2018. – 312 с.
4. Шарипов, А. Т. Рушди иҷтимоӣ-иқтисодии минтақаҳои кӯхистони Тоҷикистон / А. Т. Шарипов. – Душанбе : Нашриёти ДМТ, 2021. – 198 с.
5. Blaikie, P. M. Mountain tourism and sustainable development in Central Asia / P. M. Blaikie, J. S. Brookfield. – London : Routledge, 2022. – 340 p.
6. Bussmann, R. W. Plant diversity and ecology of the Pamir Mountains (Tajikistan) / R. W. Bussmann, S. K. Paniagua-Zambrana // Journal of Mountain Science. – 2021. – Vol. 18, № 4. – P. 1025–1041.
7. Dörre, A. Tourism development in the Pamir region of Tajikistan: challenges and opportunities for sustainable livelihoods / A. Dörre, S. Schütte // Mountain Research and Development. – 2020. – Vol. 40, № 2. – P. 18–27.
8. Fennell, D. A. Ecotourism: an introduction / D. A. Fennell. – 4th ed. – London : Routledge, 2020. – 396 p.
9. Kruk, E. Facilitating sustainable mountain tourism: resource book / E. Kruk, H. Hummel, K. Banskota. – Kathmandu : International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD), 2017. – 282 p.
10. Newsome, D. Natural area tourism: ecology, impacts and management / D. Newsome, S. A. Moore, R. K. Dowling. – 3rd ed. – Bristol : Channel View Publications, 2021. – 458 p.
11. Wall Reinius, S. Visitor management in protected mountain areas: perspectives from the European Alps and Central Asian highlands / S. Wall Reinius, P. Fredman // Journal of Sustainable Tourism. – 2023. – Vol. 31, № 5. – P. 1142–1159.

ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА И РЕКРЕАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Кодирзода У.К.^{1,*}

¹Таджикский государственный педагогический университет имени Садриддина Айни

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

Аннотация. В данной статье проведён научный анализ вопросов территориального развития экологического туризма и рекреационной деятельности в экономическом районе Бадахшан на основе природных, историко-культурных ресурсов региона. Посредством методов полевого наблюдения, статистического анализа и анкетирования туристов оценён рекреационный потенциал региона, выявлены инфраструктурные проблемы и пути их решения. Представлены количественные показатели туристического потока, доходов отрасли и прогноз развития до 2034 года. Сформулированы практические рекомендации по созданию школы альпинизма, реставрации памятников старины и вовлечению местных сообществ в управление туризмом.

Ключевые слова: экологический туризм, рекреационная деятельность, Бадахшан, природные ресурсы, туристическая инфраструктура, устойчивое развитие, Национальный парк Таджикистана, альпинизм.

TERRITORIAL DEVELOPMENT OF ECOLOGICAL TOURISM AND RECREATIONAL ACTIVITIES BASED ON NATURAL RESOURCES

Kodirzoda U.K.^{1,*}

¹Tajik State Pedagogical University named after Sadrididdin Aini

*Corresponding author. Email: umedchon_kodirov@mail.ru

Abstract. This article provides a scientific analysis of the territorial development of ecological tourism and recreational activities in the Badakhshan economic region, based on the natural, historical, and cultural resources of the area. Through field observation methods, statistical analysis, and tourist surveys, the recreational potential of the region has been assessed, and infrastructural challenges along with potential solutions have been identified. Quantitative indicators of tourist flow, sectoral revenue, and a development forecast through 2034 are presented. Practical recommendations regarding the establishment of a mountaineering school, restoration of historical monuments, and involvement of local communities in tourism management have been formulated.

Keywords: ecological tourism, recreational activity, Badakhshan, natural resources, tourism infrastructure, sustainable development, Tajikistan National Park, mountaineering.

Маълумот дар бораи муаллиф: Кодирзода Умедҷон – докторанти (PhD) кафедраи географияи иқтисодӣ ва иҷтимоӣ факултети географияи Донишгоҳи давлатии омӯзгорӣ Тоҷикистон ба номи Садриддин Айни, Тел.: (+992) 98-557-01-77, E-mail: umedchon_kodirov@mail.ru

Сведения об авторе: Кодирзода Умеджон – докторант (PhD) кафедры экономико-социальной географии географического факультета Таджикского педагогического университета им. Садриддина Айни, Тел.: (+992) 98-557-01-77, E-mail: umedchon_kodirov@mail.ru

Information about the author: Kodirzoda Umedjon – PhD student of the Department of Economic and Social Geography of the Faculty of Geography of the Tajik Pedagogical University named after Sadrididdin Aini, Phone: (+992) 98-557-01-77, E-mail: umedchon_kodirov@mail.ru.

ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МУМИНОБАДСКОГО РАЙОНА В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА

Джаббаров Р.С.^{1,*}¹Кулябский государственный университет им. А. Рудаки

*Автор-корреспондент. E-mail: gadoe88.@list.ru

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы развития туризма в Муминобадском районе Республики Таджикистан с учётом геоморфологических особенностей территории. Проведён анализ современного состояния туристической отрасли в глобальном и национальном контексте, подчёркивается её значение как стратегического направления социально-экономического развития страны. Особое внимание уделяется оценке рельефа района по трём основным признакам — абсолютной высоте, вертикальным и горизонтальным неровностям. Результаты балльной оценки свидетельствуют о высоком уровне комфортности рельефа для организации таких видов туризма, как пеший, экологический, сельский и оздоровительный. Представленный материал базируется на современных концепциях устойчивого туризма и регионального планирования. Сделан вывод о необходимости реализации кластерного подхода к пространственной организации туризма с учётом природно-ландшафтного разнообразия и экологических ограничений.

Ключевые слова: Туризм, устойчивое развитие, туристско-рекреационный потенциал, рельеф, геоморфологическая оценка, Муминобадский район, природные ресурсы, кластерный подход.

Введение

В последние годы развитию экотуризма в заповедных зонах уделяется значительное внимание, так как этот вид туризма базируется на принципах устойчивого развития. Эффективная организация экотуризма может помочь решить важные задачи, такие как: трудоустройство местных жителей; снижение социальной напряжённости; создание экологически ориентированного туристического продукта; рациональное использование природного и культурного наследия региона с учётом интересов местной экономики; обеспечение притока валюты; поддержка предпринимательства в регионе; вовлечение местного населения в развитие туризма [3].

Материалы и методы

В современных условиях туризм представляет собой одну из наиболее динамично развивающихся сфер мировой экономики, обладающую высоким мультипликативным эффектом и способствующую устойчивому развитию целых регионов [9]. По данным Всемирной туристской организации (UNWTO, 2024), доля туризма в мировом валовом продукте составляет порядка 10%, при этом данный

сектор обеспечивает миллионы рабочих мест и активно способствует трансферу инвестиций, технологий и культурных ценностей между странами.

Актуальность развития туристической отрасли в значительной степени обусловлена её способностью стимулировать смежные направления хозяйственной деятельности, такие как транспорт, связь, сельское хозяйство, производство сувенирной продукции и строительство [4].

С учётом стратегического значения туризма как инструмента экономической диверсификации, в последние годы Правительство Республики Таджикистан последовательно реализует политику государственной поддержки этой отрасли. В частности, утверждённые нормативно-правовые документы, включая Государственную стратегию развития туризма до 2030 года, направлены на формирование благоприятного инвестиционного климата, развитие туристической инфраструктуры и популяризацию национального туристического бренда на международной арене [6].

В рамках обозначенной стратегии особое внимание уделяется выявлению

и эффективному использованию туристско-рекреационного потенциала отдельных территорий страны. Одним из таких перспективных регионов, обладающим значительными природными, культурными и историческими ресурсами, является Муминобадский район Хатлонской области. Согласно региональным оценкам, именно данная территория отличается высоким уровнем ландшафтного разнообразия, благоприятным климатом и уникальными этнокультурными традициями, что создаёт предпосылки для устойчивого развития различных форм туризма – от экологического и аграрного до культурно-познавательного [7].

Таким образом, развитие туристической деятельности в Муминобадском районе рассматривается не только как элемент регионального роста, но и как важный компонент реализации общенациональной политики устойчивого социально-экономического развития, интегрированной в глобальные тренды туристической индустрии.

Результаты и их обсуждения

Богатые культурно-исторические ресурсы заповедника могут быть с успехом использованы в следующих разновидностях экотуризма: экскурсионно-познавательный, религиозный, научный, развлекательный, событийный и комбинированный туризм и отдых. Эффективное и грамотное налаживание экотуристической деятельности на их базе может принести большие экономические доходы [2].

Одним из важнейших факторов, определяющих возможности развития туризма на региональном уровне, является рельеф местности. В этой связи рассмотрение геоморфологических характеристик Муминобадского района представляет особую научную и практическую значимость. Территория района условно делится на северную и южную части, ка-

ждая из которых обладает своими природно-ландшафтными особенностями. В целом рельеф района преимущественно равнинно-холмистый, но испещрён оврагами, долинами рек и эрозионными формами, относящимися к бассейнам рек Вахш и Пяндж. Средняя высота над уровнем моря составляет 800–1200 м, однако встречаются и более значительные возвышенности – горные массивы Хазратишох, Муминабад и Ходжамумин, достигающие 1800-2500 м.

При оценке туристско-рекреационного потенциала необходимо учитывать культурно-исторические ресурсы территории. Муминобадский район имеет особое значение для истории Республики Таджикистан. Этот район богат культурно - историческими ресурсами, которые с древнейших времён привлекали разные народы и культуры, играя важную роль в туристско-рекреационном потенциале региона. Муминобадский район был образован 16 марта 1938 года в составе Кулябской области Таджикской ССР. В 1958 году район был упразднён, но 23 восстановлен в 1970 году. В 1991 году району было возвращено его историческое название. В Муминобадском районе находится кишлак Душанбеча, который является "тёзкой" столицы Таджикистана, Душанбе. Этот кишлак имеет свою уникальную историю и культурное значение. В северной части района расположена гора Чилдухтарон, памятник 40 девушкам, которые, согласно легенде, предпочли смерть плену и бросились с горы. Эти истории и культурные объекты делают

Муминобадский район привлекательным для туристов, интересующихся историей и культурой Таджикистана. В Муминобадском районе были сделаны значительные палеонтологические находки. Обнаружены останки древних млекопитающих, живших миллионы лет назад, что помогает учёным понять эволюцию фауны региона. Найдены фоссилизиро-

ванные остатки растений, дающие представление о древней флоре климатических условиях прошлого. Также обнаружены каменные орудия, использовавшиеся древними людьми, свидетельствующие о присутствии ранних человеческих поселений. Эти находки имеют большое значение для понимания истории и эволюции жизни в Муминобадском районе и на территории Таджикистана в целом. Муминобадский район Таджикистана богат археологическими, архитектурными, этнографическими и историко-культурными объектами, включёнными в реестр исторических достопримечательностей и являющимися частью туристических маршрутов. Здесь были найдены артефакты, датируемые 950 тысяч лет назад, что делает это место важным для изучения ранней истории человечества. Обнаружены останки древних млекопитающих и фоссилизированные растения, которые помогают учёным понять эволюцию фауны и флоры региона.

Ценным архитектурным объектом района является гора Чилдухтарон, связанная с легендой о 40 девушках, которые предпочли смерть плену и бросились с горы. Гора является важным культурным и историческим памятником. В районе сохранились различные архитектурные памятники, отражающие богатую историю и культуру региона. Среди этнографических объектов района сохранились старинные обычаи, такие как гахварабандон (первое укладывание младенца в колыбель) и танец Кошук (танец с ложками), которые являются частью культурного наследия.

Район известен своими ремесленниками, продолжающими традиции изготовления деревянной посуды и других изделий.

Историческое наследие Муминобадского района является важной составляющей туристско-рекреационного потенциала региона. Рассмотрим его по ряду

ключевых критериев: Например: - Стоянка первобытного человека Кульдара - обнаруженные артефакты, датируемые 950 тысяч лет назад, делают это место важным для изучения ранней истории человечества; - Останки древних млекопитающих и фоссилизированные растения - эти находки помогают понять эволюцию фауны и флоры региона.

К культурным мероприятиям и фестивалям можно отнести: -Весенний праздник «Навруз». Это празднование весеннего равноденствия, сопровождаемое традиционными танцами, музыкой и угощениями, привлекает множество туристов. К их числу также можно отнести [4]: Фестивали ремесел – это проводимые выставки и ярмарки, где мастера демонстрируют свои изделия и делятся секретами ремесла. официально зарегистрировано более 13 туристских маршрутов, связанных с историей региона и выполняющих экскурсионные и образовательные функции. Эти маршруты включают посещение археологических, архитектурных, этнографических и конфессиональных объектов, таких как:

- Стоянка первобытного человека Кульдара: важное археологическое место, где были найдены артефакты, датируемые 950 тысяч лет назад.
- Гора Чилдухтарон: культурный и исторический памятник, связанный с легендой о 40 девушках.
- Мавзолей Увайса Карани: святое место, привлекающее паломников и туристов, интересующихся исламской историей и культурой.
- Традиционные таджикские обряды и ремесла: сохранение старинных обычаев и ремесел, таких как гахварабандон и танец Кошук.

Эти маршруты способствуют развитию туристско-рекреационного потенциала Муминобадского района, привлекая туристов, интересующихся историей, культурой и природой Таджикистана.

С точки зрения туристского районирования, северная часть района отличается более выраженным горным рельефом с крутыми склонами и узкими ущельями. Этот тип местности особенно интересен для сторонников активного отдыха, включая горный треккинг и элементы экстремального туризма. В то же время южная часть характеризуется преимущественно равнинными формами, широкими долинами и плодородными землями, что создает предпосылки для развития сельского и культурно-исторического туризма. Посёлок Муминабад, как центр притяжения, расположен именно в этой равнинной зоне.

Важно отметить, что степень расчленённости рельефа оказывает прямое влияние на специфику и интенсивность туристской деятельности. Так, высокая расчленённость создает живописные ландшафты, благоприятные для альпинизма, скалолазания и пешеходных маршрутов повышенной сложности. В Муминобадском районе данный показатель выражен умеренно, что ограничивает развитие некоторых экстремальных

форм туризма. Однако это компенсируется наличием условий, более подходящих для спокойных и познавательных видов отдыха. В частности, ровные и пологие участки служат основой для велосипедного туризма, агротуризма, экологических экскурсий и оздоровительных программ.

С учётом вышеизложенного, оценка рельефа района была проведена на основе трёх основных геоморфологических признаков: абсолютной высоты над уровнем моря, вертикальных и горизонтальных неровностей. Согласно принятой балльной методике, высота в пределах 800-1200 м классифицирована как «очень комфортная» для рекреации и получила максимальные 38 баллов. Вертикальные неровности в пределах 10-25 м расценены как «умеренно комфортные» (30 баллов), а горизонтальные – в интервале 500-1500 м – как «комфортные» (28 баллов). Суммарный результат составил 96 баллов, но с учётом допустимой методической погрешности оценка округляется до 95 баллов из 100 возможных, что свидетельствует о высоком туристско-рекреационном потенциале.

Таблица 1. Оценка рельефа Муминобадского района

Название признака	Некомфортный	Умеренно комфортный	Комфортный	Очень комфортный	Уровень в районе
Высота рельефа над уровнем моря	> 3000 м	до 3000 м	до 2000 м	< 2000 м	800–1200 м → Очень комфортный
Вертикальные неровности	до 10	10–25	25–45	45–65	10–25 → Умеренно комфортный
Горизонтальные неровности	> 3500	3500–1500	1500–500	< 500	≈1500–500 → Комфортный

Таблица 2. Балльная оценка признаков рельефа Муминобадского района

Признак	Некомфортный	Умеренно комфортный	Комфортный	Очень комфортный	Баллы
Высота над уровнем моря (800–1200 м)				✓	38
Вертикальные неровности (10–25 м)		✓			30

Признак	Некомфортный	Умеренно комфортный	Комфортный	Очень комфортный	Баллы
Горизонтальные неровности (500–1500 м)			✓		28

Общий балл: $38 + 30 + 28 = 96$

С учётом методики: допустимая погрешность (1 балл) не учитывается

Итоговая оценка: 95 баллов из 100

Полученные данные подтверждают, что рельеф района способствует развитию мягких форм туризма. С научной точки зрения, это особенно актуально в рамках концепции устойчивого туризма, предполагающего сохранение природного ландшафта, минимизацию антропогенного воздействия и вовлечение местного населения в туристскую деятельность. Геоморфологическая стабильность района делает его привлекательным для пожилых туристов, семей с детьми, а также для тех, кто предпочитает созерцательные, уединённые и оздоровительные виды отдыха.

С другой стороны, отсутствие резких перепадов высот и технически сложных форм рельефа ограничивает возможности развития таких направлений, как альпинизм, скалолазание и спелеотуризм. Однако с позиции пространственной организации туристской инфраструктуры, мягкий рельеф даёт преимущества при планировании маршрутов, строительстве логистических объектов, кемпингов и сельских усадеб, а также способствует снижению затрат на инженерную подготовку территории.

Выводы

Таким образом, анализ рельефа Муминобадского района позволяет сделать вывод, что данная территория обладает значительным потенциалом для устойчивого и многопрофильного развития туризма. Оптимальное сочетание высотных и рельефных параметров формирует благоприятные условия для реализации широкого спектра туристских услуг, начиная от этнокультурного туризма и за-

канчивая вело- и trekкинговыми маршрутами. Будущее развитие туристской отрасли в регионе должно быть направлено на формирование кластерной структуры, где каждый природный ландшафт будет функционально соотнесён с определённым видом туристской активности, при обязательном соблюдении принципов экологической устойчивости и культурного многообразия.

Литература

1. Абдуллоев Ш.М. Стратегические направления развития туристической отрасли Таджикистана. – Душанбе: ИРИР, 2022. – 128 с.
2. Гадов Ш.Д. Развитие экотуризма в заповеднике «Даштиджум»: проблемы и перспективы // Вестник Таджикского государственного педагогического университета имени С. Айни, 2025. - №2 (26). - С.115-122.
3. Гадов Ш.Д. Основные аспекты экотуризма на территории заповедника «Дашти джум» // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носири Хусрава (научный журнал), серия гуманитарных и экономических исследований, 2025. - № 1/3 (137). - С.543-548.
4. Ковалёв В.В. Туризм как фактор устойчивого регионального развития // Региональные исследования. – 2021. – № 2. – С. 84–91;
5. Мирсаидов А.Н. Туристский потенциал южных районов Таджикистана // Вестник ТГНУ. – 2023. – № 1. – С. 45–53).
6. Правительство Республики Таджикистан. Государственная программа развития туризма до 2030 года. – Душанбе, 2020).
7. Юсуфзода Х. География туризма Таджикистана. – Душанбе: Ирфон, 2022. – С. 134–138.
8. World Tourism Organization. Indicators of Sustainable Development for Tourism Destinations: A Guidebook. — Madrid: WTO, 2004. — 514 p.
9. UNESCO World Heritage and Sustainable Tourism Programme. – Paris: UNESCO Publishing, 2017. – 58 p.
10. UNWTO Tourism and Culture Synergies. – Madrid: World Tourism Organization, 2020. – 112 p.

ПОТЕНЦИАЛИ САЙЁҶИ РЕКРЕАТСИОНӢИ НОҶИЯИ МУЪМИНОБОД ДАР ШАРОИТИ РУШДИ УСТУВОРИ САЙЁҶИ

Ҷабборов Р.С.^{1,*}

¹Донишгоҳи давлатии Кӯлоб ба номи А. Рӯдакӣ

*Муаллифи масъул. E-mail: gadoe88.@list.ru

Шарҳи мухтасар. Дар мақола дурнамоҳои рушди соҳаи сайёҳӣ дар ноҳияи Муъминабод Ҷумҳурии Тоҷикистон бо дарназардошти хусусиятҳои геоморфологӣ минтақа баррасӣ гардидааст. Вазъи кунунии соҳаи сайёҳӣ дар сатҳи ҷаҳонӣ ва миллӣ таҳлил шуда, аҳамияти он ҳамчун соҳаи стратегӣ барои рушди иқтисодиёти кишвар таъкид мегардад. Дар таҳқиқи диққати махсус ба арзёбии рельефи ноҳия аз рӯйи се нишондиҳандаи асосӣ – баландии мутлақ, ноҳамвориҳои амудӣ ва уфуқӣ равона шудааст. Натиҷаҳои арзёбии боҳалтаи нишон медиҳанд, ки рельеф барои ташикили намудҳои гуногуни сайёҳӣ, аз қабيلي нӯдагардӣ, экологӣ, деҳотӣ ва саломатӣ сатҳи баланди мувофиқат дорад. Маводи пешниҳодишуда бар пояи консепсияҳои муосири рушди устувори сайёҳӣ ва банақшагирии минтақавӣ асос ёфтааст. Дар охир ҳуҷҷаи бароварда мешавад, ки барои рушди муназзами сайёҳӣ дар минтақа татбиқи равиши кластерӣ бо назардошти гуногунрангии манзаравӣ ва маҳдудиятҳои экологӣ зарур мебошад.

Калидвожаҳо: сайёҳӣ, рушди устувор, потенциали туристӣ-истироҳатӣ, рельеф, арзёбии геоморфологӣ, ноҳияи Муъминабод, захираҳои табиӣ, равиши кластерӣ.

TOURIST AND RECREATIONAL POTENTIAL OF MUMINABAD DISTRICT IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE TOURISM DEVELOPMENT

Jabbarov R.S.^{1,*}

¹Kulyab State University named after A. Rudaki

*Corresponding author. E-mail: gadoe88.@list.ru

Abstract. The article explores the prospects for tourism development in the Muminabad District of the Republic of Tajikistan, taking into account the geomorphological features of the region. It provides an analysis of the current state of the tourism sector in both global and national contexts, emphasizing its significance as a strategic direction for the socio-economic development of the country. Special attention is given to assessing the district's relief based on three key indicators – absolute elevation, vertical, and horizontal irregularities. The results of the point-based assessment indicate a high level of comfort of the relief for the organization of various forms of tourism, including hiking, ecological, rural, and wellness tourism. The presented material is based on contemporary concepts of sustainable tourism and regional planning. The article concludes with the need to implement a cluster approach to the spatial organization of tourism, considering landscape diversity and ecological constraints.

Keywords: tourism, sustainable development, tourist-recreational potential, relief, geomorphological assessment, Muminabad District, natural resources, cluster approach.

Маълумот дар бораи муаллиф: Ҷабборов Раджабалӣ Сайолиддинович – докторанти (PhD) Донишгоҳи давлатии Кӯлоб ба номи А.Рӯдакӣ, Тел: (+992) 905-75-75-35, E-mail: gadoe88.@list.ru.

Сведения об авторе: Джаббаров Раджабали Сайолиддинович – докторант (PhD) Кулябского государственного университета им. А.Рудаки, Тел: (+992) 905-75-75-35, E-mail: gadoe88.@list.ru.

Information about the author: Jabbarov Radzhabali Sayoliddinovich – PhD student of the Kulyab State University named after A. Rudaki, Tel: (+992) 905-75-75-35, E-mail: gadoe88.@list.ru.

ВЛИЯНИЕ СИНОПТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОРОГРАФИИ МЕСТНОСТИ НА ПЫЛЕВЫЕ ВТОРЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИЮ ТАДЖИКИСТАНА ЗА ОСЕННИЙ ПЕРИОД 2025 г.

Сафаров М.Т.^{1*}, Абдуллозода С.Ф.², Шомахмадов А.М.¹

¹Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана

²Физико-технический институт им. С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана

*Автор корреспонденции. E-mail: mahmadsafarov1963@gmail.com

Аннотация. На основе анализа данных по пыльным бурям, вторгшимся на территорию Таджикистана за осенний период 2025 года и соответствующим синоптическим процессам, сопровождавшим их за весь период существования, было заключено, что всего наблюдалось 10 пылевых вторжений, из которых 50 %, приходится на долю северных холодных вторжений и волновой деятельности, 30 % - на западные вторжения и 10 % на долю циклонических прорывов через юг и антициклонической погоды. Максимальные значения аэрозольной оптической толщины и минимальные значения параметра Ангстрем, характеризующие сильные пыльные бури, соответственно равны, в сентябре 1,39 и 0,07, в октябре 0,80 и 0,34 и в ноябре – 1,35 и 0,11, что свидетельствует о преимуществе крупноразмерных минеральных частиц в составе аэрозоля. Формируемые за пределами Таджикистана пылевые вторжения с периода формирования и до исчезновения, имеют различные источники происхождения и траектории распространения. Вслед за прохождением интенсивных вторжений холодного воздуха и быстрого перемещения атмосферных фронтов через сухие аридные зоны в них всасываются пылевые частицы, которые переносятся по всей территории Центральной Азии. Выявлено, что длинный период (5-6 и более дней) пребывания пылевых аэрозольных частиц в воздухе на территории Таджикистана, связан с глобальным горизонтальным вихревым движением воздуха, влиянием орографии местности, длительным периодом совместного взаимодействия разных синоптические процессы, а также с их интенсивностью и продолжительностью. При рассмотрении передвижения отдельных пылевых вторжений, с максимальными значениями аэрозольной оптической толщины, на картах барической топографии, на уровне 9,0-16,0 км, только один единственный раз наблюдался случай, когда пылевые частицы, совершая один виток вокруг северного полушария, через Тихий океан, Канаду и Атлантический океан, в течение 6 дней (2-8 ноября), обратно вторглись на территорию их формирования, т.е. в Алжир и Средиземное море.

Ключевые слова: пылевые вторжения, холодные вторжения, высотно - фронтальная зона, оптическая толщина аэрозоля, пылевые аэрозольные частицы, модель HYSPLIT.

Введение

Знание закономерности синоптических процессов, обуславливающих погоду, имеет крайне важное значение при учете воздействия глобальных угроз, таких как продовольственная безопасность, изменение климата, глобальная экологическая ситуация, экологический кризис, защита ледников, а также при изучении источников образования и траектории перемещения пылевых бурь (ПБ).

Продолжительные периоды без дождя, наличие больших площадей песчаных и глинистых пустынь, бедность и слабая сомкнутость растительного покрова, частые штормовые ветры весьма благоприятствуют возникновению пыльных бурь на территории Центральной Азии.

На этой обширной территории пыльные бури наблюдаются круглый год и вызывают нарушение нормальной работы транспорта, оказывают негативное воздействие на здоровье населения. Поэтому всестороннее изучение распространения режима пыльных бурь имеет очень важное практическое значение [1].

Движение и взаимодействие воздушных масс в составе циклонов и антициклонов (атмосферные объекты) траектория, которых проходит через воздушный бассейн Центрально-Азиатского региона имеет большое значение для формирования климата Таджикистана. Влияниестилающей поверхности является одним из основных факторов, определяющих трансформацию воздушных масс, дина-

мику синоптических процессов и сезонных различий в характере распределения метеорологических величин (температура воздуха, атмосферное давление и т.д.) [2-4].

Орографические препятствия способствуют влиянию рельефа на синоптические процессы, которое условно подразделяется на три класса: планетарный, крупномасштабный, локальный. Глобальные горизонтальные вихревые движения воздуха увеличивают длительность пребывания пылевых аэрозольных частиц в воздухе и усиливают влияние пыльных вторжений на теплофизические параметры приземной атмосферы региона [5-6].

Высота подстилающей поверхности территории, от пустынь до вечных ледников, колеблется в пределах от 300-400 м до 5000-7495 м н.у.м. Изменение интенсивности и распределение метеорологических параметров элементов и явлений обеспечивает разнообразие орографических факторов приводящих к значительному изменению любых циркуляционных (синоптических) процессов [7].

Взаимодействие воздушных масс со стенами высоких гор и друг с другом, снижает скорости их распространения и отражаясь от стен горных хребтов, они меняют направление перемещения и становятся причинами возникновения глобальных горизонтальных вихревых движений воздушных масс, увеличивая длительность пребывания аэрозольных частиц в воздухе [5, 8].

Благодаря сложным орографическим условиям Таджикистана циркуляционные факторы подвергаются значительным изменениям, создавая локальные особенности. Рельефом местности и циркуляцией атмосферы здесь, во многом, определяются погода и климат. Свидетельством этого являются исследования, посвященные изучению синоптических процессов и прогноза погоды по отдельным областям и районам Таджикистана, по результатам

которых вся территория была разделена на 10 орографических групп [8-9].

Краткое описание исследуемой проблемы

Разработанная Национальными центрами прогнозирования окружающей среды (NCEP) модель HYSPLIT (Hybrid Single Particles Lagrangian Integrated Trajectory model, НУОА, США), приобретает все большее значение для учета пространственной и временной изменчивости характеристик пылевых бурь. Эта система объединяет четыре отдельные модели (атмосферу, океан, сушу/почву и морской лед), вместе работающих для точного описания погодных условий, особенно для территорий с редкой сетью аэрологических наблюдений (например территория Центральной Азии).

Использование надземных физических параметров пылевого аэрозоля по данным станции – АЭРОНЕТ в г. Душанбе и связь модели HYSPLIT с синоптическими картами является одной из возможностей уточнения анализа зоны формирования и траектории перемещение пылевых бурь на территории Таджикистана и за его пределами. Поэтому на основе определения этой связи в данной статье изучается пространственно-временная изменчивость характеристик пылевых бурь, поскольку пространственно-временное распределение повторяемости синоптические причин возникновения и перемещения пылевых вторжений (ПВ) на территории отдельных районов и в целом Республики Таджикистан мало изучено. Хотя в работах [2, 10-11] были отмечены некоторые аспекты влияния синоптических и циркуляционных процессов на пылевые вторжения (ПВ) на территорию Таджикистана за весенний и летний период 2025 г., особую актуальность приобретает изучение явления пылевого вторжения в Таджикистане в осенний период, так как осень является основным сезоном образования и развития ПБ.

Основной целью настоящей статьи является изучение влияния синоптических процессов и орографии региона на образование и перемещение пылевых вторжений (ПВ) на территорию Таджикистана осенью 2025 года. Для достижения этой цели необходимо было определить повторяемость типов синоптических процессов, при которых развивались пыльные бури, основные и физические параметры пылевого аэрозоля, а также связи синоптических процессов с моделью HYSPLIT по изучению обратных траекторий воздушных масс при пылевых вторжениях в Таджикистан и сопредельные государства за осенний период.

Использованные материалы и методы исследования

Были использованы, полученные из Лаборатории физики атмосферы Физико-технического института Национальной академии наук Таджикистана, карты и таблицы обратных траекторий воздушных масс при ПВ в Таджикистан и далее в сопредельные государства для разных высот, а также графики изменения аэрозольной оптической толщины (АОТ) и параметра Ангстром в г. Душанбе, за осенний период 2025 г.

Приземные карты погоды и карты барической топографии АТ-925, АТ-850, АТ-700, АТ-500, АТ-400, АТ-300, АТ-200, АТ-100 гПа, за сроки 00 и 12ч UTC/BCV – всемирного согласованного времени, были получены из сайта Гидрометцентра России [12].

Многолетние данные метеорологических станций по всему Таджикистану были использованы для оценки влияния изменения климата и разработки совершенно новых орографических типизаций по трем климатическим зонам Республики Таджикистан: низкогорно-долинные – высоты до 1000 м; горные – от 1000 до 2500 м; и высокогорные – выше 2500 м над ур. моря.

Для определения траектории перемещения ПВ были использованы приземные синоптические карты, карты положения барической топографии для разных высот и карты погоды с искусственного спутника Земли (ИСЗ).

Регион исследования

В качестве региона исследования была выбрана вся территория формирования и распространения ПВ в Таджикистане за осенний период 2025 года. Регионы, где за это время были фиксированы ПВ, в основном, охватывают южные и центральные регионы Таджикистана (таблица 1).

Полученные результаты

В таблице 1 приведены статистические характеристики повторяемости синоптических процессов в течение осеннего периода 2025 года по наблюдаемым группам синоптических процессов [3] и параметрам, характеризующих степень загрязнения атмосферы: аэрозольная оптическая толщина (АОТ) и параметр Ангстром.

Таблица 1. Повторяемость (%) типов синоптических процессов (СП), при которых развивались пыльные бури (ПБ) по данным станции АЭРОНЕТ г. Душанбе за осенний период 2025 г.

Дни с ПБ	Типы синоптических процессов	Группа	Число случаев	Повторяемость (%)	Степень загрязнения атмосферы	
					t(λ) АОТ	a(l) Ангстром
1-2.09.2025	Северное холодное вторжение	Б	1	10,0	1,13 1,04	0,17 0,14
14.09.2025	Волновая деятельность	Б	1	10,0	0,79	0,38
22.09.2025	Западное вторжение	Г	1	10,0	1,39	0,17
23.09.2025	Западное вторжение	Г	1	10,0	1,27	0,09

24.09.2025	Волновая деятельность	Б	1	10,0	0,81	0,07
25.09.2025	Волновая деятельность	Б	1	10,0	0,73	0,19
26.09.2025	Верхнеамударьинский циклон Zn	А	1	10,0	0,52	0,31
29.10.2025	Малоградиентное поле пониженного давления	В	1	10,0	0,80	0,34
01.11.2025	Западное вторжение	Г	1	10,0	1,35	0,11
03.11.2025	Северное холодное вторжение	Б	1	10,0	0,64	0,18
Всего			10	100		

Примечание: синоптические процессы - группа А (южные циклоны); группа Б (холодные вторжения, группа В (антициклоническая погода) и , группа Г (циклоническая циркуляция)
 $t(\lambda)$ -аэрозольная оптическая толщина (АОТ); $a(l)$ - параметр Ангстром

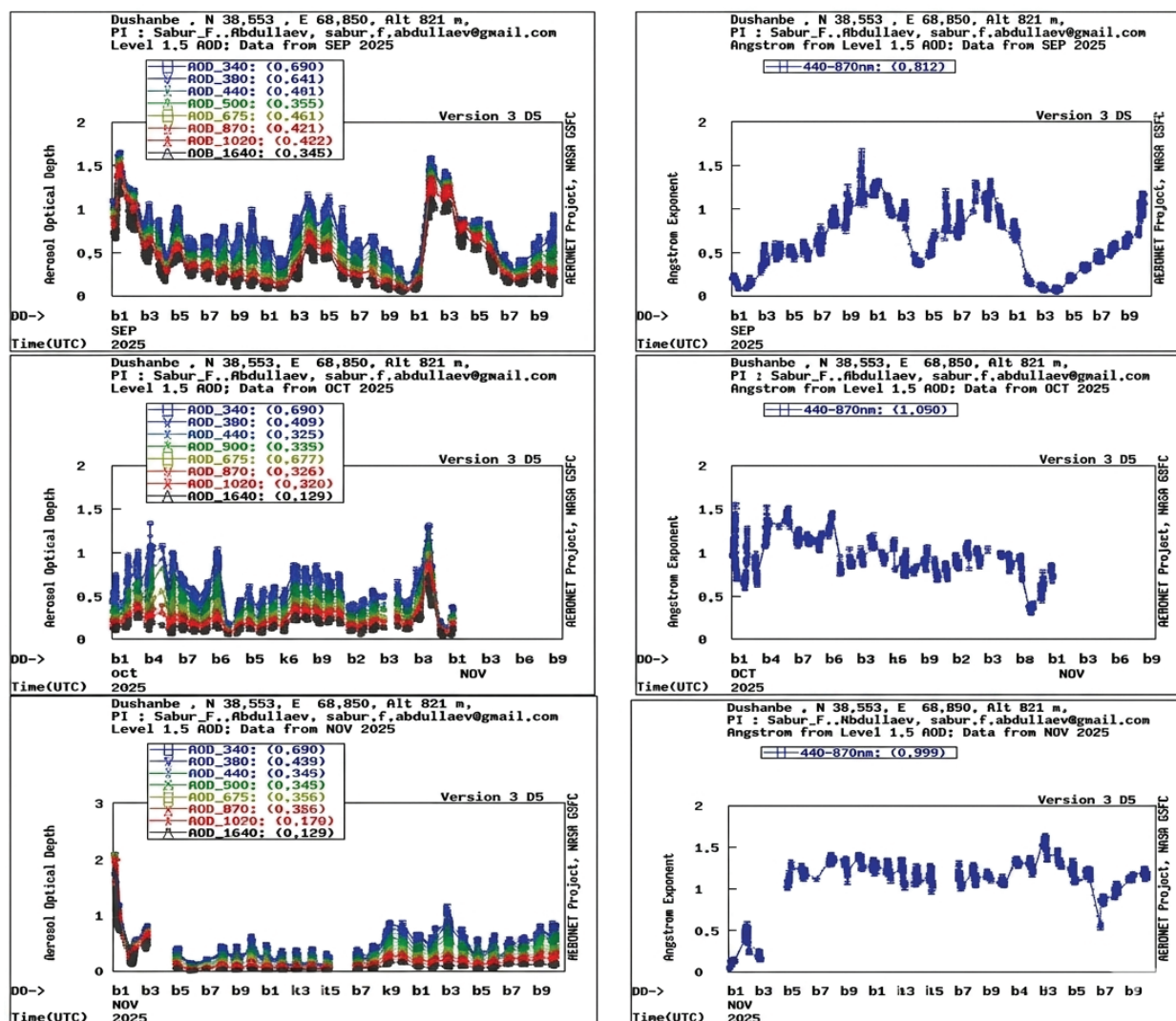


Рисунок 1. Динамика 3-х месячных (сентябрь-ноябрь) значений аэрозольной оптической толщины (АОТ) и параметра Ангстром атмосферы в г. Душанбе.

На основе анализа таблицы 1 можно заключить, что за осенний период 2025 г. наблюдалось 10 пылевых вторжений, из которых 50 %, приходится на долю холодных вторжений всех типов группы Б, 30 % - на группы Г и 10 % - на группы А и В [3]. Результаты подтверждают данные, полученные в работе [12].

На рисунке 1, приведена динамика 3-х месячных (сентябрь-ноябрь) значений аэрозольной оптической толщины (АОТ) и параметра Ангстром атмосферы в г. Душанбе.

Как видно, из графика, максимальные значения АОТ и минимальные значения параметра Ангстром соответственно равны, в сентябре 1,39 и 0,07, в октябре 0.80 и 0.34 и в ноябре – 1,35 и 0.11. Пиковые значения АОТ относятся к сильным пылевым вторжениям.

Эпизоды поступления пыли, сопровождающиеся значительным увеличением оптической толщины аэрозоля и уменьшением значений параметра Ангстром свидетельствуют о преимуществе в соста-

ве аэрозоля крупноразмерных минеральных частиц, что не противоречит результатам работ [2].

Изучение обратных траекторий воздушных масс при пылевых вторжениях в Таджикистан за осенний период 2025 г.

Результаты анализа данных об источниках генерации пылевых вторжений в Таджикистан и далее за его пределами, приведенных в таблице 2, показали, что формируемые за пределами Таджикистана пылевые вторжения, имеют различные траектории и источники происхождения. Согласно исследованиям [2, 4, 5, 10], источники ПВ весьма разнообразны, как по географическому расположению, так и физическому характеру поверхности генерации.

Вслед за прохождением прохождения интенсивных вторжений холодного воздуха и быстрого перемещения атмосферных фронтов группы Б через сухие аридные зоны в них всасываются пылевые частицы, которые переносятся по всей территории Центральной Азии.

Таблица 2. Обратные траектории воздушных масс при пылевых вторжениях (ПВ) в Таджикистан и из Таджикистана в сопредельные государства за осенний период 2025 г.

Начало ПВ	Источник образования на уровне от 500 до 16000 м		Дни прибытия ПВ	Место прибытия в Таджикистан	Дни убытия	Место прибытия из Таджикистана		Дни прибытия ПВ
26.08.2025	500-1500	Ростов (Россия), Швеция, Казахстан	1-2.09.2025	г. Душанбе	02.09.2025	500-1500	Китай	08.09.2025
	3000-7000	Атлантический океан, Канада, Алжир				3000-7000	Киргизия, Китай, Тихий океан	
	9000-16000	США, Атлантический океан, Египет				9000-16000	Тихий океан, Пакистан	
16.09.2025	500-1500	Казахстан	22-26.09.2025	г. Душанбе	23.09.2025	500-1500	Киргизия, Китай	29.09.2025
	3000-7000	Чехия, Нигер (Африка), Испания				3000-7000	Канада, Тихий океан, Владивосток	
	9000-16000	Индийский океан, Индия				9000-16000	Канада, Тихий океан	

26.10.2025	500-1500	Сербия, Иран, Атлантический океан	01.11.2025	г. Душанбе	02.11.2025	500-1500	Япония Тихий океан	08.11.2025
------------	----------	-----------------------------------	------------	------------	------------	----------	--------------------	------------

Анализ пылевой бури 1-2 сентября 2025 г.

Для анализа данного ПВ были использованы приземная карта погоды, карта погоду с искусственного спутника земли (ИСЗ) и карта барической топографии

АТ-500 гПа за 1-2 сентября 2025 года. Рассмотрение этих карт показало, что данная ПБ возникла в результате северного холодного вторжения, рисунок 2 (А, Б, В), охватившее всю ЦА.

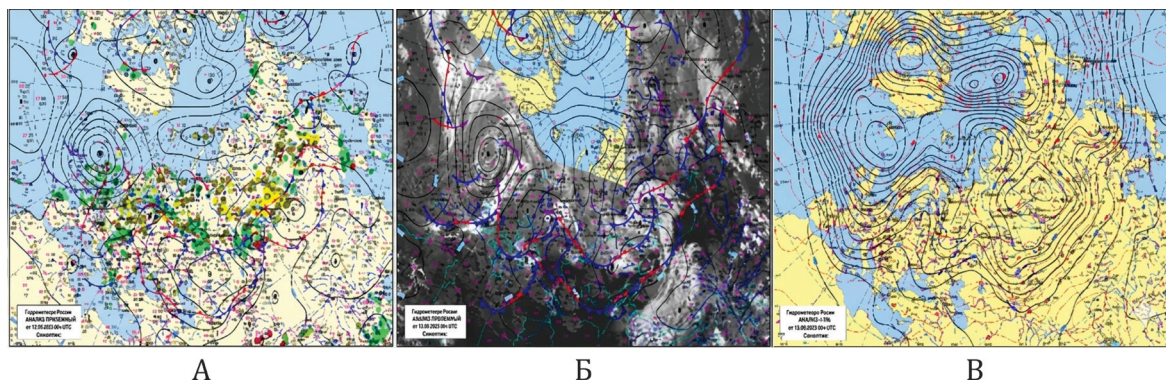


Рисунок 2. Приземная карта погоды (слева, А), карта погоды с ИСЗ (в середине, Б) и карта барической топографии АТ-500 гПа (справа, В) в 00ч 1-2 сентября, 2025 г.

Данное холодное вторжение, можно отнести к варианту вторжений, развивающихся по ультраполярной траектории. Вследствие усиления барических и термических градиентов над Северо-Западной Сибири у поверхности Земли сформировался антициклон Az (рис 2 А), а в нижних слоях тропосферы с Карского моря (по Карской оси) через Уральский хребт началась адвекция холодного арктического воздуха к юго – западу.

Далее, холодный фронт северного холодного вторжения сместился до широты Аральского моря (на снимках ИСЗ (рисунок 2 Б), в виде узкой облачной полосы кучевообразной формы. Слияние двух высотных фронтальных зон (ВФЗ) над ЦА, 1-2 сентября, обострило процессы (рис

2В): над югом и юго-востоком образовалась единая мощная облачная полоса, сопровождавшаяся усилением скорости ветров до 5 м/с у земли (северные и северо-восточные) и при сухой почве возникли пыльные бури, достигшие территории Таджикистана, при которых видимость составляла до 2 км.

Таким образом, 3 сентября арктический воздух распространился на всю территорию ЦА. За этот период удерживалась юго-западная периферия антициклона (тип 9) и возникли юго-западные потоки на высотах более 5000 м (рис. 2 В).

На рисунке 2.1 представлены результаты расчёта обратных траекторий воздушных масс, сопровождающих пылевую бурю 1-2 сентября 2025 года, таблица 2.

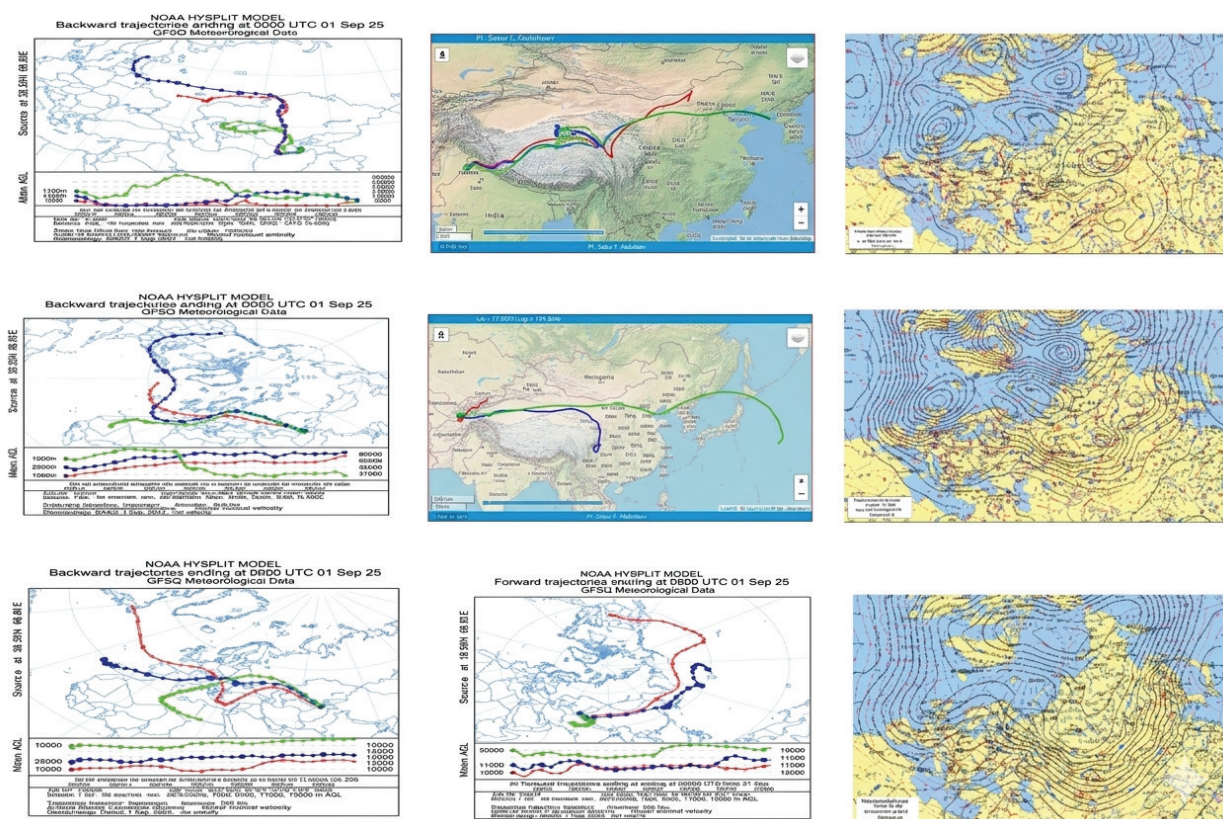


Рисунок 2.1. Карты начальных обратных траекторий пылевой бури 1-2.09.2025г для высот от 500 до 16000 м (слева), карты обратных траекторий из Таджикистана (середина) и карты барической топографии АТ-850, 500 и 100 гПа (1500- 16000 м соответственно) справа.

Траектории воздушных масс показывают, что пылевое вторжение формировалось в результате взаимодействия двух воздушных масс (северный – арктический и южный). При первой, на уровне 500-1500 м, воздушные потоки западного происхождения вторглись из Швеции и через Ростовскую область (Россия) проникли в Казахстан и далее - в Таджикистан, при второй, на уровне 3,0-7,0 км, воздушные потоки вторглись с побережья Канады через Атлантический океан и Алжир на территорию Таджикистана, а при третьей, на уровне 9,0-16,0 км, воздушные потоки вторглись благодаря чисто морской и океанической влажной воздушной массы северного потока, источник которого 6 дней назад находился в районе побережья США и Атлантического океана и через Египет вторглась на территорию Таджикистана.

2 сентября данное пылевое вторжение с территории Таджикистана, распространилось на восток. Так, на уровне 1000 – 1500 м, воздушные потоки распространились на территорию Китая, на уровне 3,0 -7,0 км - на территорию Киргизии, Китая и Тихого океана и на уровне 9,0-16,0 км - на территорию Тихого океана и Пакистана.

Анализ пылевой бури 22-26 сентября 2025 г.

Точно также, как при предыдущем случае были использованы приземная карта погоды, карта погоды с ИСЗ и карта барической топографии АТ-500 гПа за 22-23 сентября 2025 года. Рассмотрение этих карт показало, что данная ПБ возникла в результате западного вторжения, рисунок 3 (А, Б, В), охватившее всю ЦА.

Возникший перед западным вторжением мургабский циклона Zn стал наиболее

благоприятным условием усиления ветра 22-23 сентября 2025 г., рисунок 3 А. В ходе этого процесса над восточной частью ЦА произошло слияние трех воздушных масс: тропической, умеренной и арктической. Одновременно произошло слияние двух высотно- фронтальных зон (ВФЗ): влажных масс южного и холодных масс северного происхождения, рисунок 3 В.

Рассмотрение спутниковых данных показало, что прохождение западного

вторжения 22-23 сентября, наблюдается южнее, чем обычно – т.е. через Закавказье, северный Иран, ЦА, Афганистан и Пакистан, рисунок 3 Б.

В результате поступления северного холодного воздуха, произошла регенерация Мургабского циклона, в результате чего наблюдалось усиление юга – восточного ветра ($V=5-10\text{ м/с}$) и над Таджикистаном возникла пыльная буря.

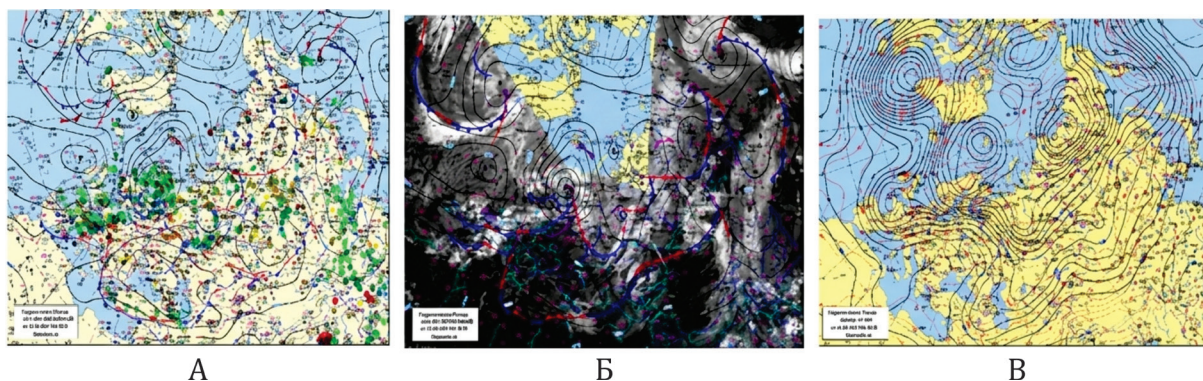


Рисунок 3. Приземная карта погоды (слева, А), карта погоды с ИСЗ (в середине, Б) и карта барической топографии АТ-500 гПа (справа, В) в 00ч 22-23 сентября 2025 г.

В период с 24 по 26 сентября 2025 г. на территории Таджикистана наблюдалась волновая деятельность (тип 7) с последующим выходом верхнеамударьинского циклона Z_n (тип 3), и прохождением атмосферного фронта умеренных широт (рисунок 3.1 А, Б, В).

Такие циркуляционные процессы способствуют формированию теплого сектора и выходу верхнеамударьинского циклона Z_n на юг ЦА (Таджикистан), рисунок 3.1 В.

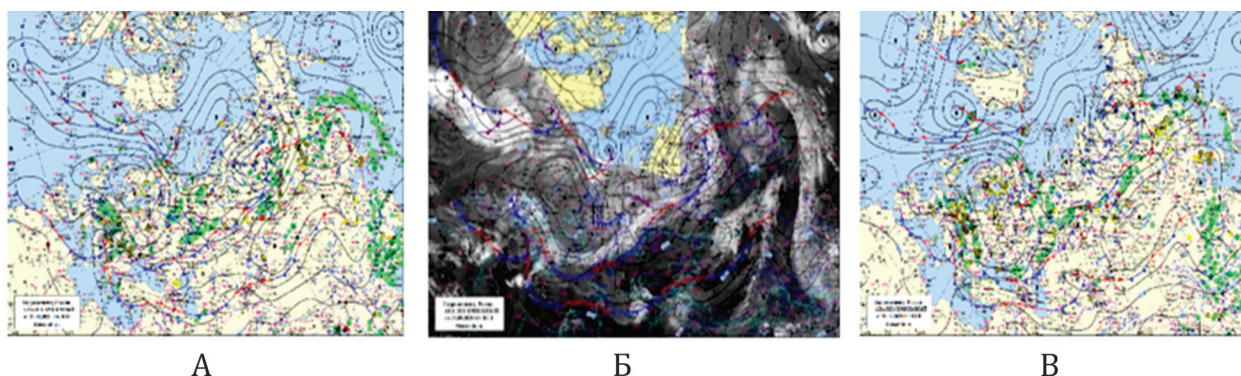


Рисунок 3.1. Приземная карта погоды А и В), карта погоды с ИСЗ (Б) в 00ч 24 -26 сентября, 2025 г.

На рисунке 3.2 представлены результаты расчёта обратных траекторий пылевой бури 22 сентября 2025, в течение 6 прошедших дней, от начала пыльной бури зафиксированной 16.09.2025, таблица 2.

Установлено, что данное пылевое вторжение формировалось в результате взаимодействия двух воздушных потоков, высотно - фронтальной зоны (ВФЗ) (северо - западный и южный). При первом, на уровне АТ-925 и АТ-850 гПа (1000 – 1500 м), воздушные потоки вторглись с территории Казахстана и через Урал и Каспийское море проникли в Таджикистан, при втором, на уровне АТ-700 и АТ-400 гПа (3,0-7,0 км), воздушные потоки вторглись из Чехии, Нигера (Африка) и Испании и при третьем, на уровне АТ-300 и АТ-100 гПа (9,0-16,0 км), воздушные потоки вторглись благодаря чисто океанической влажной тропической массы, источник

которого 6 дней назад находился в районе Индийского океана.

23 сентября данное пылевое вторжение с территории Таджикистана, распространилось на восток. Так, на уровне 1000 - 1500м, воздушные потоки распространились на территорию Киргизии и Китай, на уровне 1,5-3,0 км – на Владивосток (Россия), Тихий океан и Канаду и на уровне 9,0-16,0 км – на Тихий океан и Канаду.

Можно сделать вывод, что такой длительный период (с 22 по 26 сентября) пребывания пылевых аэрозольных частиц в воздухе на территории Таджикистана связан с глобальным горизонтальным вихревым движением воздуха, влиянием орографии местности, длительным периодом совместного действия разных синоптические процессов, переходами одних процессов в другие, а также с их интенсивностью и продолжительностью.

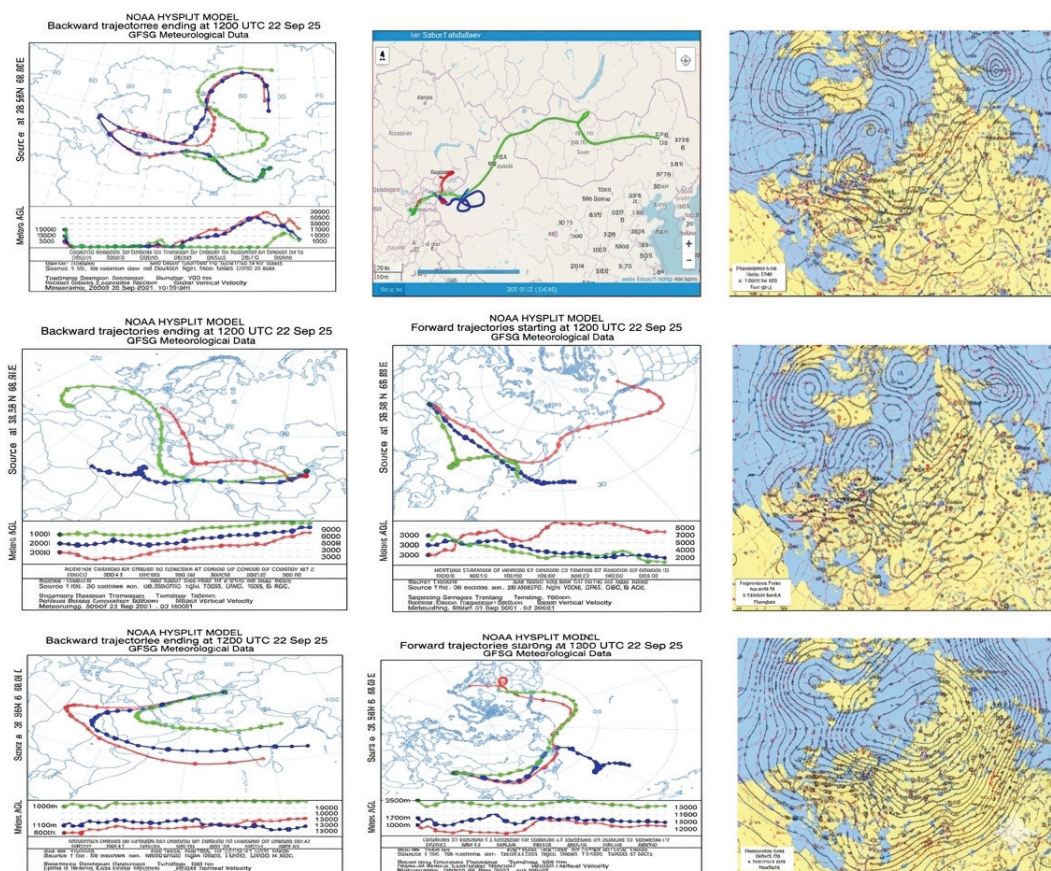


Рисунок 3.2. Карты начальных обратных траекторий пылевой бури 22.09.2025г для высот от 500 до 16000 м (слева), карты обратных траекторий из Таджикистана (середина) и карты барической топографии АТ-850, 700 и 100гПа (1500- 16000 м соответственно) справа.

Анализ пылевой бури 1 ноября 2025 г.

На рисунке 4 (А, Б, В) приведены приземная карта погоды, карта погоды с ИСЗ и карта барической топографии АТ-500 гПа за 1 ноября 2025 года. Из рассмотрения этих карт вытекает, что данная ПБ возникла в результате западного вторжения, которое осуществилось после появления обширного глубокого циклона над Черным морем, Кавказом и севером

Каспийского моря (рисунок 4 А и Б). В результате над восточной части ЦА образовались воздушные массы от умеренных и арктических широт. Одновременно обнаружено слияние двух планетарных высотных - фронтальных зон, являющихся как бы следствием двух вторжений: влажных масс западного происхождения и холодных масс с севера (рисунок 4 В).

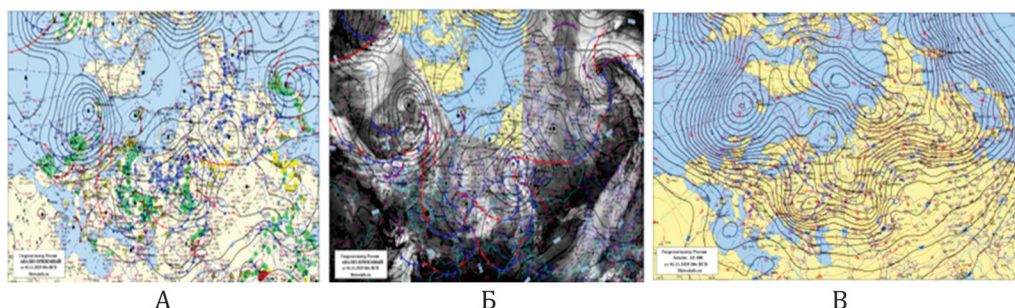


Рисунок 4. Приземная карта погоды (слева, А), карта погоды с ИСЗ (в середине, Б) и карта барической топографии АТ-500 гПа (справа, В) в 00ч 1 ноября 2025 г.

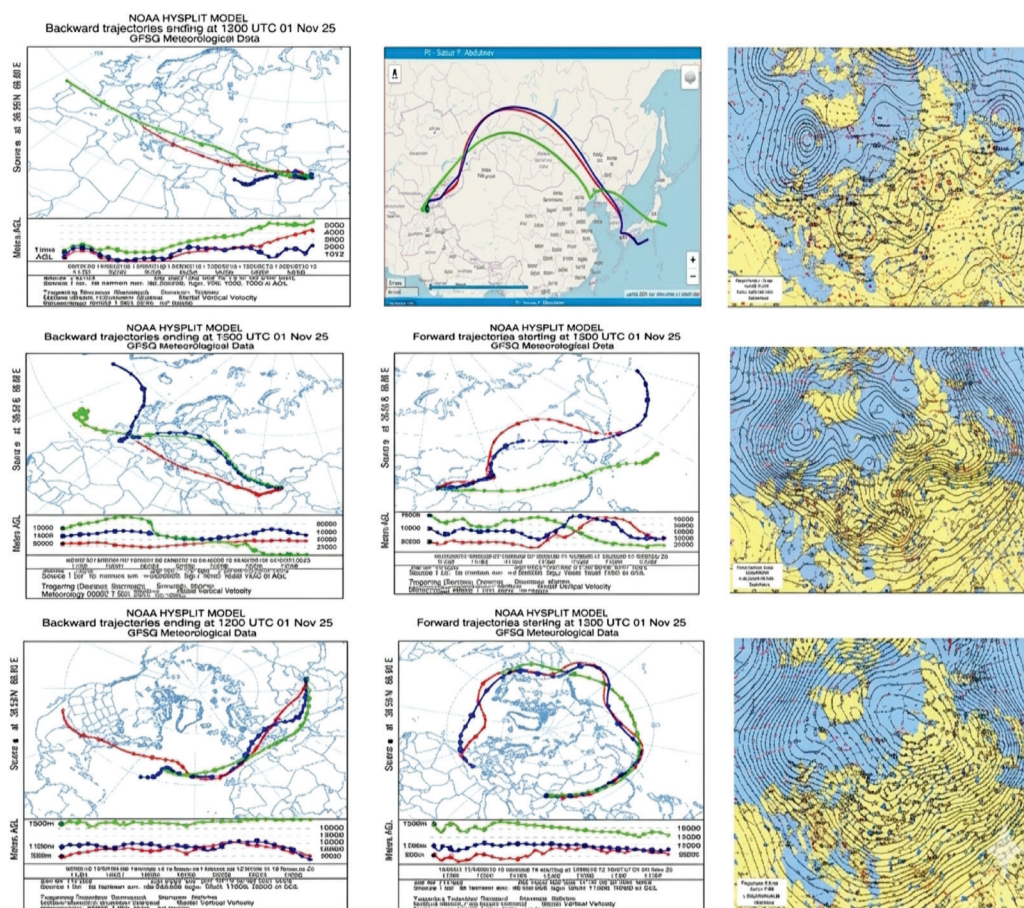


Рисунок 4.1. Карты начальных обратных траекторий пылевой бури 01.11.2025г для высот от 500 до 16000 м (слева), карты обратных траекторий из Таджикистана (середина) и карты барической топографии АТ-850, 700 и 100 гПа (1500- 16000 м соответственно) справа.

На рисунке 4.1 представлены результаты расчёта обратных траекторий пылевой бури, в течение 6 прошедших дней, начало которых было зафиксировано 26.10.2025 г., таблица 2. Из рассмотрения рисунка вытекает, что данное пылевое вторжение формировалось в результате взаимодействия двух воздушных потоков. При первом (западный - влажный Атлантический и южный тёплый), на уровне АТ-925, АТ-850 гПа (1000 - 1500м), воздушные потоки вторглись с территории Атлантического океана и через Сербию (Европа) и Иран проникли в Таджикистан, при втором, на уровне АТ-700, АТ-400 гПа (3,0-7,0 км), воздушные потоки вторглись с Атлантического океана и через Францию (Европа) проникли в Таджикистан, и при третьем, на уровне АТ-300, АТ-100 гПа (9,0-16,0 км), воздушные потоки вторглись с территории Мексиканского залива и Атлантического океана и далее, благодаря чисто океанической влажной массы, проникли в Таджикистан. После пребывания на территории Таджикистана данное пылевое вторжение, 2 ноября 2025 года, распространилось на восток.

Так, на уровне 1000 - 1500, воздушные потоки распространились в сторону Тихого океана и Японии, а уровне 1,5-3,0 км - на Тихий океан и на уровне 9,0-16,0 км, совершая один виток вокруг северного полушария, через Тихий океан, Канаду

и Атлантический океан, в течение 6 дней (2-8 ноября), обратно вторглись на территорию Алжира и Средиземного моря, рисунок 4.1 середина, внизу.

Анализ ясной погоды 6 ноября 2025 г.

Анализ приземной карты погоды, карты погоды с ИСЗ и карты барической топографии АТ-500 гПа за 6 ноября 2025 года, приведенных на рисунке 5 показал, что ясная погода 6 ноября 2025 года формировалось юго-западной периферией антициклона, испытывающего три фазы развития. В первой фазе, 6 ноября 2025 г., наблюдалась пасмурная погода, которая была связана с фронтами предшествующего холодного северного вторжения (рисунок 5 А и Б). Вторая фаза процесса начинается после 6 часов (11 часов дня местного времени). Во время этой фазы на территории Таджикистана и в целом на юге Центральной Азии (ЦА) установилась ясная погода, в долинах наблюдался штиль, а в предгорных районах - слабые (1-5м/с) ветры северо-восточного направления.

В третьей фазе (7.11.2025г.), на западе ЦА началось падение атмосферного давления и по восточной части отрога юго-западной периферии антициклона усилились северо-восточные и восточные ветры, наблюдалось повышение температуры воздуха (рисунок 5 В).

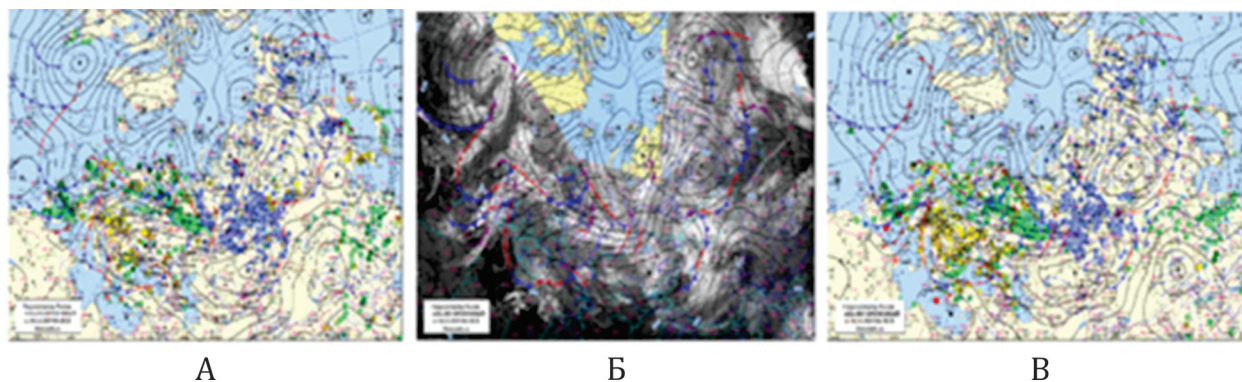


Рисунок 5. Приземная карта погоды А и В), карта погоды с ИСЗ (Б) в 00ч 6 ноября 2025 г. за 00 и 06ч ВСВ.

Выводы

На основе анализа, проведенным по пыльным бурям, вторгшихся на территорию Таджикистана за осенний период 2025 года и соответствующих синоптических процессов, сопровождавших их за весь период существования, было заключено, что всего наблюдалось 10 пылевых вторжений, из которых 50 %, приходится на долю северных холодных вторжений и волновая деятельность, 30 % - на западные вторжения и 10 % на долю циклонических прорывов через юг и антициклонической погоды.

Максимальные значения аэрозольной оптической толщины и минимальные значения параметра Ангстрем, характеризующие сильные пылевые вторжения, соответственно равны, в сентябре 1,39 и 0,07, в октябре 0,80 и 0,34 и в ноябре – 1,35 и 0,11.

Эпизоды поступления пыли, сопровождающиеся значительным увеличением оптической толщины аэрозоля и уменьшением значений параметра Ангстрем свидетельствуют о преимуществе в составе аэрозоля крупноразмерных минеральных частиц, что не противоречит результатам работ [2], формируемые за пределами Таджикистана пылевые вторжения, имеют различные траектории и источники происхождения.

Формируемые за пределами Таджикистана пылевые вторжения с периода формирования и до исчезновения, имеют различные источники происхождения и траектории распространения [13-14].

Выявлено, что длинный период (5-6 и более дней) пребывания пылевых аэрозольных частиц в воздухе на территории Таджикистана, связан с глобальным горизонтальным вихревым движением воздуха, влиянием орографии местности, длительным периодом совместного взаимодействия разных синоптических процессов, а также с их интенсивностью и продолжительностью.

При рассмотрении передвижения отдельных пылевых вторжений, с максимальными значениями аэрозольной оптической толщины, на картах барической топографии, на уровне 9,0-16,0 км, лишь один единственный раз наблюдался случай, когда пылевые частицы, совершая один виток вокруг северного полушария, через Тихий океан, Канаду и Атлантический океан, в течение 6 дней (2-8 ноября), обратно вторглись на территорию Алжира и Средиземного моря.

Проведенный анализ ясной погоды за осенний период показал, что такая погода наблюдается при установлении юго-западной периферии антициклона над Таджикистаном, со слабыми ветрами и отсутствием каких-либо атмосферных явлений, что подтверждает результаты, описанные в работе [3].

Предложения.

1. Результаты исследования показывают, что на территории Таджикистана, из-за редкой сети наземных станций АЭРОНЕТ, нет возможности проводить полноценные наблюдения за физическими параметрами пылевого аэрозоля. Из – за того, что пространственно- временные масштабы возникновения и распространения пылевых вторжения (ПВ) очень широкие и по пути распространения их структура, состав и направление сильно меняется, считаем необходимым:
2. Расширить и оснастить сеть метеорологических наблюдений приборами контроля за состоянием качества воздуха с целью постоянного мониторинга распространения пыльных вторжений по всей территории Таджикистана, в сотрудничестве с научными учреждениями сопредельных государств.
3. Расширить лесные полосы и лесопосадки особенно в южных районах страны, с целью предотвращения отрицательного воздействия пыльные

бурь, защиты сельскохозяйственных культур от воздействия неблагоприятных природных и антропогенных факторов, ослабления или предотвращения отрицательного воздействия засух, суховеев, ветровой эрозии и пыльных бурь, улучшения микроклимата и повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Литература

- Орловский, Н.С. Опасные и особо опасные пыльные бури в Средней Азии / Н.С. Орловский, Л. Орловская, Р. Индуиту // Аридные экосистемы. – 2013. – Т.19. – №4(57). – С.49-58.
- Сафаров, М.Т. Синоптические процессы пылевых вторжений весной 2025г. в Таджикистане / М.Т. Сафаров, С.Ф. Абдуллозода, А. Шомахмадов // Вестник ТНУ. – 2025. – №3. – С.147-163.
- Инагамова, С.И. Особенности синоптических процессов Средней Азии / С.И. Инагамова, Т.М. Мухтаров, Ш.Т. Мухтаров. – Ташкент: САНИГМИ, 2002. – С.29-48.
- Погосян, Х.П. Общая циркуляция атмосферы / Х.П. Погосян. – Л., 1972.
- Инагамовой, С.И. и др. Руководство, по краткосрочным прогнозам, погоды. Ч. II. Вып. 3. Средняя Азия / С.И. Инагамовой, Т.А. Войновой, Э.С. Казарянц // Л.: Гидрометеиздат, 1986. – С. 9-17.
- Курбон, Н. Проблемы изменения климата: взгляды на причины, последствия и подходы к адаптации / Номвар Курбон. – Душанбе: Дошиш, 2025. – 260 с. (на тадж. яз.)
- Влияние рельефа на формирование местного микроклимата (на примере южного склона Гиссарского хребта) / Н.Б. Курбон, О.Ш. Маджидов, Ф.Д. Шарифов, С.О. Мирзохонова // Устойчивое развитие горных территорий. – 2024. – Т.16. – № 4(62). – С.1849-1861.
- DOI 10.21177/1998-4502-2024-16-4-1849-1861. – EDN PTMYQM.
- Джорджия, В.А. Руководство, по краткосрочным прогнозам, погоды / В.А. Джорджия // Ташкент. – 1954. – Ч.II. – С.73-77.
- Модель NOAA HYSPLIT обратных траектории воздушных частиц. Интернет ресурс AERONET. <http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php> (дата обращения: 01.09.2025 г.).
- Абдурасулова, Н.А. Температурные эффекты пылевых вторжений в атмосфере Таджикистана и их влияние на изменение климата и урожайности сельскохозяйственных культур / Н.А. Абдурасулова. – Автореф. дисс. на соис. уч. степ. к.ф.-м.н. 2021., 28с.
- Крапивцева, Г.М. Об аэросиноптических условиях в период советско-американского пылевого эксперимента в Таджикистане в сентябре 1989 г. / Г.М. Крапивцева, Т.В. Кривчикова, А.Х. Шукуров // В кн: Советско-американский пылевой эксперимент в Таджикистане, 1993. С. 20-24.
- Гидрометцентр России. О погода - из первых рук. Интернет ресурс- <https://meteoinfo.ru/marsynop> - (дата обращение: 01.09.2025 г.).
- Экстремальные температуры воздуха в условиях Таджикистана в теплый период года и связанные с ними опасные явления / Н.Б. Курбонов, О.Х. Амирзода, С.Ф. Абдуллаев [и др.] // Климатические риски и космическая погода: Тезисы Международной конференции и Школы молодых ученых, Иркутск, 14-17 июня 2021 года. – С.42. – EDN EKPAPJ.
- Экстремальные температуры воздуха в условиях юго-западной части Таджикистана в теплый период и связанные с ними опасные явления погоды / Н.Б. Курбонов, С.Ф. Абдуллаев, С.О. Мирзохонова [и др.] // Климатические риски и космическая погода: материалы Международной конференции, Иркутск, 14-17 июня 2021 года. – С.130-140. – EDN OPKNXJ.

ТАЪСИРИ РАВАНДҲОИ СИНОПТИКӢ ВА ОРОГРАФИЯИ МАҲАЛ БА ВОРИДШАВИИ ЧАНГУ ҶУБОР БА ҲУДУДИ ТОҶИКИСТОН ДАР ТИРАМОҲИ СОЛИ 2025

Сафаров М.Т.^{1,*}, Абдуллозода С.Ф.², Шомахмадов А.М.¹

¹Маркази омӯзишии тиряхҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

²Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

*Муаллифи масъул. E-mail: mahmadsafarov1963@gmail.com

Шарҳи мухтасар. Бар асоси таҳлили тӯфонҳои чангии тирамоҳи соли 2025 ба Тоҷикистон воридшуда ва равандҳои синоптикии мувофиқи онҳоро дар тӯли тамоми давра ҳамоҳангӣ карда, муайян карда шуд, ки дар маҷмӯъ 10 вӯрудшавии чангӣ мушоҳида шуда, 50%-и онҳоро вӯрудашавии ҳавои сарди шимолӣ ва фаъолияти мавҷӣ, 30% -аширо вӯрудҳо аз гарб ва 10%-аширо вӯрудҳои циклонӣ аз ҷануб ва обу ҳавои

зиддисиклонӣ ташикл меоданд. Қиматҳои максималии ғафсии оптикии аэрозол ва қиматҳои минималии Ångstrom, ки тӯфонҳои саҳти чангиро тавсиф мекунанд, дар моҳи сентябр мутаносибан ба 1,39 ва 0,07, дар моҳи октябр ба 0,80 ва 0,34 ва дар моҳи ноябр ба 1,35 ва 0,11 баробар буданд, ки аз дар таркиби аэрозол бартари доштани зарраҳои минералии калонҳаҷм шаҳодат медиҳанд. Вурудҳои чангии берун аз ҳудуди Тоҷикистон бавучудода, аз давраи ташиқкул то нопадид шуданишон манбаъҳои гуногуни пайдоиш ва траекторияҳои паҳншавӣ доранд. Баъди гузаштани вурудишави шадиди ҳавои сард ва ҳаракати босуръати фронтҳои атмосферӣ аз минтақаҳои хушк ва беоб, ба онҳо зарраҳои чанг ҷаббида шуда, ба тамоми ҳудуди Осиёи Марказӣ интиқол дода мешаванд. Муайян карда шуд, ки муддати тӯлонӣ (5-6 рӯз, ё бештар), дар ҳавои болои Тоҷикистон, боқӣ мондани зарраҳои аэрозоли чангӣ, ба ҳаракатҳои гирдобии глобалии горизонталӣ, таъсири орографияи маҳал, муҳлати дуру дарози таъсири байниҳамдигарии протсессҳои синоптикии гуногун, инчунин интенсификация ва давомнокии онҳо, алоқаманд аст. Ҳангоми дида баромадани ҷойивазкунии вурудҳои алоҳидаи чангии ғафсии оптикии максималӣ дошта, хариҷаҳои топографии фишори ҳаво дар баландиҳои 9,0-16 км, танҳо як ҳолат мушоҳида шуд, ки ҳангоми он зарраҳои чанг атрофи нимқураи шимолӣ, уқёнуси Ором, Канада ва уқёнуси Атлантикро, тӯли 6 рӯз (2-8 ноябр), як бор давр зада, боз ба макони ташиқкулобии худ, яъне ба Алҷазир ва Баҳри Миёназамин баргаштанд.

Калидвожаҳо: вурудҳои чангӣ, вуруди ҳавои сард, минтақаи баландиҳои фронталӣ, ғафсии оптикии аэрозол, зарраҳои аэрозоли чанг, модели HYSPLIT.

THE IMPACT OF SYNOPTIC PROCESSES AND TERRAIN OROGRAPHY ON THE DUST INVASIONS INTO THE TERRITORY OF TAJIKISTAN IN AUTUMN PERIOD OF 2025

Safarov M.T.^{1,*}, Abdullozoda S.F.², Shomahmadov A.¹

¹Center for the Study of Glaciers of the Tajikistan National Academy of Sciences

²S. U. Umarov Physical-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Tajikistan

*Correspondent author. E-mail: mahmadsafarov1963@gmail.com

Abstract. Based on an analysis of dust storms that invaded Tajikistan in the autumn of 2025 and the corresponding synoptic processes that accompanied them over the entire period, it was concluded that a total of 10 dust invasions were observed, of which 50% were northern cold invasions and wave activity, 30% were western invasions, and 10% were cyclonic breaks through the south and anticyclonic weather. The maximum values of the aerosol optical thickness and the minimum values of the Ångstrom parameter, characterizing strong dust storms, were 1.39 and 0.07 in September, 0.80 and 0.34 in October, and 1.35 and 0.11 in November, respectively, indicating the predominance of large-sized mineral particles in the aerosol composition. Dust invasions formed outside Tajikistan have different sources of origin and propagation trajectories from the period of formation until their disappearance. Following the passage of intense cold air intrusions and the rapid movement of atmospheric fronts through dry and arid zones, dust particles are sucked into them and transported throughout Central Asia. It was found that the long period (5-6 days or more) of dust aerosol particles remaining in the air over Tajikistan is associated with global horizontal vortex motion, the influence of local orography, the prolonged period of interaction between various synoptic processes, as well as their intensity and duration. When examining the movement of individual dust intrusions, with maximum aerosol optical thickness values, on baric topography maps at a level of 9.0-16.0 km, only one single instance was observed where dust particles, having completed a single orbit around the Northern Hemisphere, across the Pacific Ocean, Canada, and the Atlantic Ocean, over a period of 6 days (November 2-8), returned to the place of their origin formation, that is Algeria and the Mediterranean Sea.

Key words: dust intrusions, cold intrusions, planetary high-altitude frontal zone, aerosol optical thickness, dust aerosol particles, HYSPLIT model.

Маълумот дар бораи муаллифон: Сафаров Маҳмад Таварович – унвонҷӯи Маркази омӯзиши пиряхҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, E-mail: mahmadsafarov1963@gmail.com; Абдуллозода Сабур Фузайл – доктори илмҳои физикаю математика, профессор, мудири лабораторияи физикаи атмосфераи Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, E-mail: sabur.f.abdullaev@gmail.com; Шомаҳмадов Алишо – номзади илмҳои физикаю математика, ходими пешбари илми Маркази омӯзиши пиряхҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, E-mail: ali.shoh51@gmail.com.

Сведения об авторах: Сафаров Махмад Таварович – соискатель Центра изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана, E-mail: mahmadsafarov1963@gmail.com Абдуллозода Сабур Фузайл – доктор физико-математических наук, профессор, зав. лабораторией физики атмосферы ФТИ им. С.У.Умарова Национальной академии наук Таджикистана. E-mail: sabur.f.abdullaev@gmail.com; Шомахмадов Алишо – кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Центра изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана, E-mail: ali.shoh51@gmail.com

Information about the authors: Safarov Mahmad Tavarovich – applicant at the Center for the Study of Glaciers of the Tajikistan National Academy of Sciences, E-mail: mahmadsafarov1963@gmail.com; Abdullozoda Sabur Fuzail – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Atmospheric Physics at the S.U. Umarov Physical-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Tajikistan. E-mail: sabur.f.abdullaev@gmail.com; Shomahmadov Alisho – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher at the Glacier Research Center of the National Academy of Sciences of Tajikistan, E-mail: ali.shoh51@gmail.com

УДК 551.324.63 (575.3)

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦАХ МОРЕНЫ ЛЕДНИКА СУРХОБ, ВЕРХОВЬЯ РЕКИ СУРХОБ

Давлятова А.Х.^{1,*}, Ёрова Б.С.¹, Амиров У.А.¹, Убайдуллоев У.Р.¹

¹Институт изучения ледников и криосферы Национальной академии наук Таджикистана

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

Аннотация. В работе представлены результаты анализа содержания тяжёлых металлов (ТМ) в форме свободных элементов и их оксидов в пробах почв морен ледника Сурхоб (Кизилсу), в верхней части языка ледника на высотах 3538 м (Сурхоб-1); 39°5'43.36"С, 71°25'6.52"В и 3520 м (Сурхоб-2); 39°5'48.72"С, 71°25'2.58"В). Элементный состав проб определяли методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии. Установлено, что содержание мышьяка (As) превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) в среднем в 5,25 раза, что может быть связано с дальним переносом атмосферных загрязняющих веществ и природными геохимическими особенностями района. В проанализированных пробах содержание TiO₂ и MnO Pb, Sr, Ni, С, было существенно ниже установленных ПДК. При этом проба №1 продемонстрировала превышение ПДК и показателей Кларка по Co и As, а проба №2 — превышение Кларка по Zn и Fe₂O₃. Полученные результаты могут быть использованы при экологической оценке состояния высокогорных территорий.

Ключевые слова: ледник Сурхоб, элементный состав почв, тяжёлые металлы, предельно допустимая концентрация, рентгенофлуоресцентный анализ, моренные отложения (ПДК), аэрозоль, Кларк.

Введение

Тяжёлые металлы являются важной категорией химических элементов, вовлечённых в процессы природного и антропогенного происхождения.

Техногенное загрязнение негативно влияет на состояние окружающей среды. Основные источники загрязнения атмосферы – это тепловые электростанции (27%), предприятия черной металлургии (24.3%), предприятия по добыче и переработке нефти (15.5%), транспорт (13.1%), предприятия цветной металлургии (10.5%), а также предприятия по добыче и изготовлению строительных материалов

(8.1%), и химическая промышленность (1.3%) [1].

Таджикистан расположен в глобальном пылевом поясе на пути распространения пыли от некоторых основных источников пыли, таких как пустыня Аралкум, высыхающего Аральского моря, пустыни Кызылкум и Каракум к востоку от Каспийского моря, Иранские пустыни Дашти-Кавира и Дашти-Лута, а также пустыни в Афганистане, пустыни Сахара, Гоби и Такламакан [2-4]. Поэтому Таджикистан часто страдает от сильных пылевых вторжений ежегодно (с апреля по ноябрь) и является чистым накопителем пыли [4-6].

В условиях глобального потепления деградация ледников становится мощным геохимическим фактором в водоёмах ледникового питания, что придает проблеме их мониторинга особую актуальность [7]. Поскольку почвы служат как поглотителями, так и источниками тяжёлых металлов, изучение их содержания в почве может стать эффективным средством мониторинга загрязнения почвы и окружающей среды [8-11].

Целью данной работы является определение содержания тяжёлых металлов в форме свободных элементов и их оксидов в пробах атмосферного аэрозоля и почв морен ледника Сурхоб, а также оценка уровня их загрязнения относительно к предельно допустимым концентрациям (ПДК) и выявление возможных источников поступления загрязняющих веществ с учётом особенностей переноса воздушными массами.

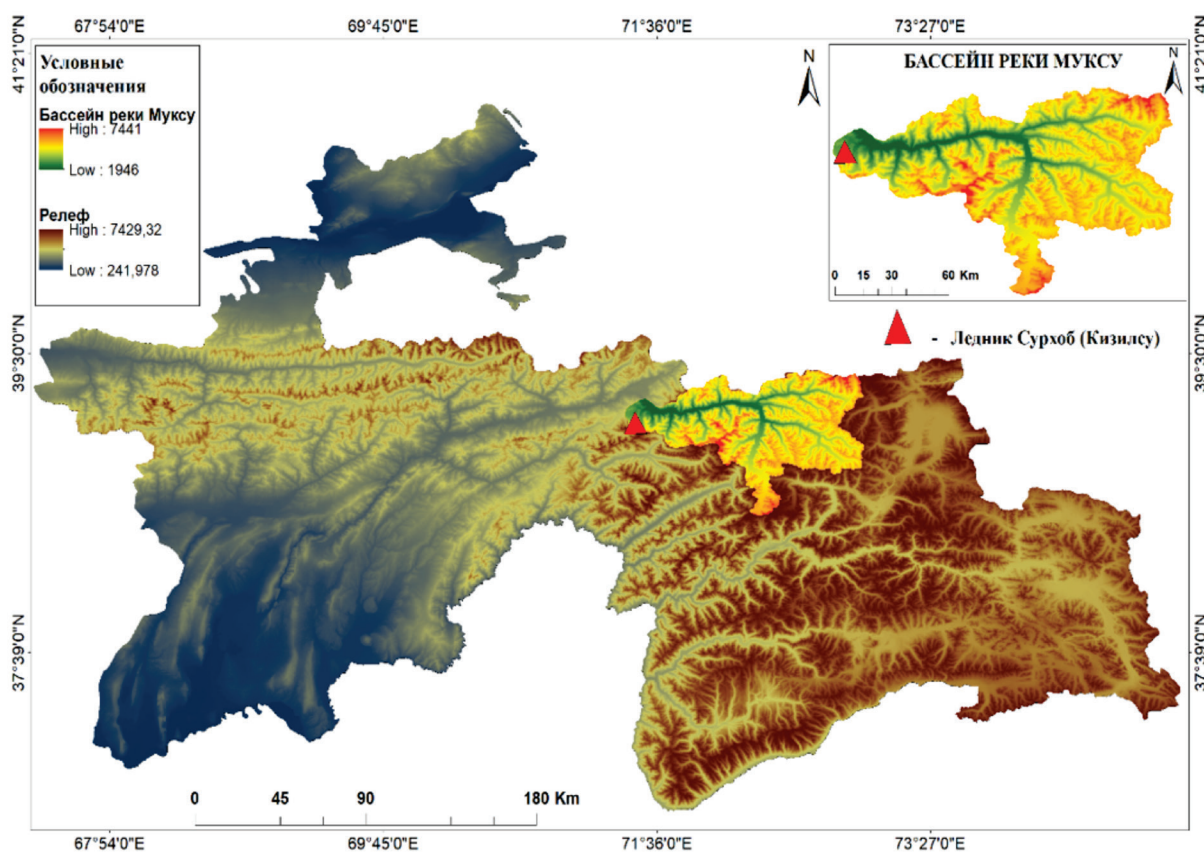


Рисунок 1. Местоположение ледника Сурхоб на карте бассейна реки Мургу и на карте Таджикистана

Место исследования

Ледник Сурхоб - №825 (Рис. 1) относится к долинному морфологическому типу и располагается на северо-западных склонах хребта Петра I (39°53'0"N, 71°25'0"E). Его общая длина достигает 9,0 км, из которых 3,1 км приходится на язык ледника, полностью покрытый моренной породой (камни, грунт и гравий). Высшая точка ледника достигает 5300 м над уровнем

моря, а самая низкая точка языка расположена на отметке 3340 м над уровнем моря [1].

Методика проведения экспериментальных работ При отборе образцов фиксировались координаты пунктов пробоотбора. Далее осуществлялись упаковка, маркировка и транспортировка проб в лабораторные условия для последующего анализа. В лаборатории образцы очища-

лись от инородных включений и измельчались до порошкообразного состояния, после чего просеивались через сито с размером ячейки 1 мм. Подготовленные пробы помещались в стеклянные сосуды и хранились до проведения аналитических исследований. Определение элементного состава образцов проводилось методом рентгенофлуоресцентного анализа.

Измерения выполнялись с использованием волнодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра «СПЕКТРОСКАН МАКС-G» (ООО «СПЕКТРОН», г. Санкт-Петербург).

Результаты и обсуждения

В ходе научно-исследовательской экспедиции проекта «Помир» с целью определения концентрации тяжёлых металлов в почве морены ледника Сурхоб - 14 августа 2025 года с его территории были отобраны две почвенные пробы для проведения анализа. Морена ледника Сурхоб, расположена на высоте 3538–3520 метров над уровнем моря. Отобранные пробы были упакованы в установленном порядке и направлены в лабораторию для проведения лабораторных исследований (Табл. 1; Рис. 2-3).

Таблица 1. Координаты проб исследуемых образцов

№	Название проб	Номер проб	Дата отбора проб	Широта	Долгота	Высота, м н. ур.м.
1.	Лед. Сурхоб	Проб. №1	14.08.2025	39° 5'43.36»С	71°25'6.52»В	3538 м
2.	Лед. Сурхоб	Проб. №2	14.08.2025	39° 5'48.72»С	71°25'2.58»В	3520 м



а)



б)

Рисунок 2-3. Точки отбора проб: а) Сурхоб 1; б) Сурхоб 2

В результате анализа, выполненного методом рентгенофлуоресцентной спектрометрии, в составе почвы морены ледника Сурхоб были определены концентрации тяжёлых металлов и соединений: As, Sr, Pb, Ni, Cr, V, TiO₂, MnO, Cu, Co, Fe₂O₃ и Zn.

Одно из основных причин попадания тяжёлых металлов в атмосферу - сжигание ископаемого топлива (особенно угля). При сгорании угля и нефти в атмосферу

выбрасываются содержащиеся в них примеси тяжёлых металлов, таких как ртуть, свинец, никель и кадмий. Эти элементы входят в состав дымовых газов и мелкодисперсных аэрозольных частиц, которые затем распространяются на большие расстояния и осаждаются на поверхность почвы вместе с атмосферными осадками, либо в результате сухого выпадения.

Тяжёлые металлы присутствуют в атмосфере в составе:

- твёрдых аэрозольных частиц (пыль, зола);
- растворённых соединений в каплях воды.

Химический состав аэрозолей изменяется в течение сезона и зависит от интенсивности циркуляционных процессов,

также удалённости от источников выбросов.

В результате изучения элементов в исследуемых пробах были определены концентрации тяжелых металлов, их предельно допустимые концентрации (ПДК) и Кларка (Табл. 2).

Таблица 2. Значение концентрации, ПДК и Кларка изучаемых элементов [мг/кг]

Название проб	V	Cr	Ni	Co	Cu	Zn	MnO	As	TiO ₂ , (%)	Sr	Fe ₂ O ₃ , (%)	Pb
Сурхоб №1	НПЧ	65,6	28,1	–	47,6	43,9	89,3	10,5	0,40	108,72	5,07	8,00
Сурхоб №2	НПЧ	64,3	23,1	9,97	47,5	62,7	91,3	11,5	0,39	111,32	4,91	8,58
ПДК	100	100	100	25	-	100	150	2	0,05	-	-	32
Кларк	100	150	40	8	0	50	850	6	0,46	300	3,8	-

Примечание: НПЧ*- концентрация тяжёлых металлов (ТМ) ниже предела чувствительности спектрометра

В результате проведённых анализов по содержанию тяжёлых металлов и мышьяка в почвах морены ледника Сурхоб, в частности для элементов первого класса опасности выявлено, что уровень цинка (Zn) в почвах ледника близок к ПДК, а в пробе «Сурхоб-2» он немного превышает нормативные значения по Кларку (Рис. 4).

Установлено, что содержание мышьяка (As) превышает ПДК в 5,25 – 5,7 раза. Содержания хрома (Cr), оксида марганца (MnO), оксида титана (TiO₂), свинца (Pb), кобальта (Co), никеля (Ni) и стронция (Sr) не превышает ПДК и Кларка. Содержание в составе почв морены ледника Сурхоб - меди (Cu) и железа (в пересчёте на Fe₂O) превышает значение Кларка.

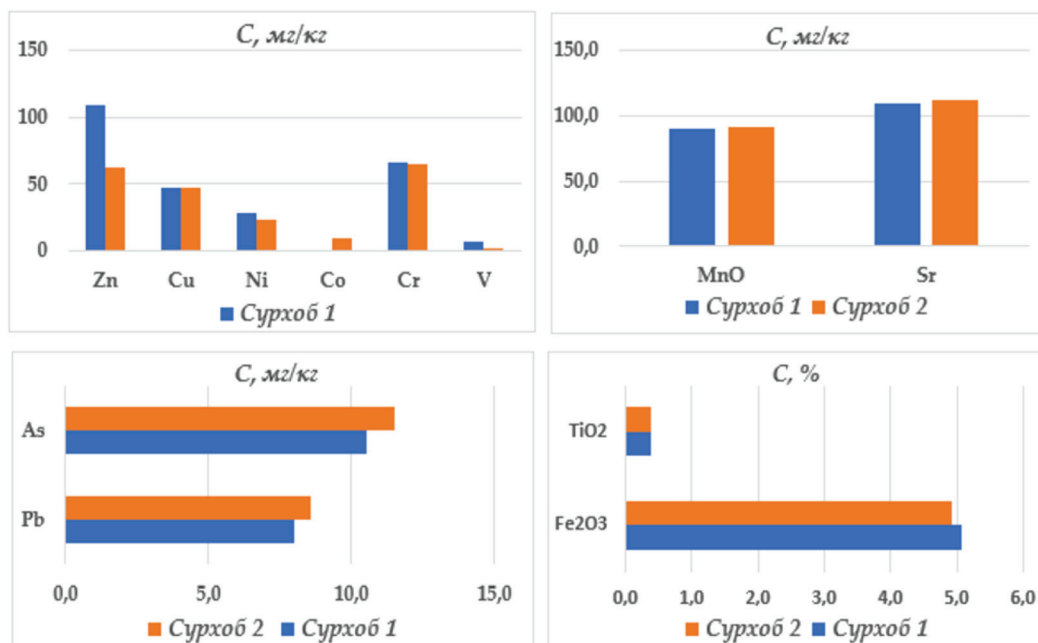
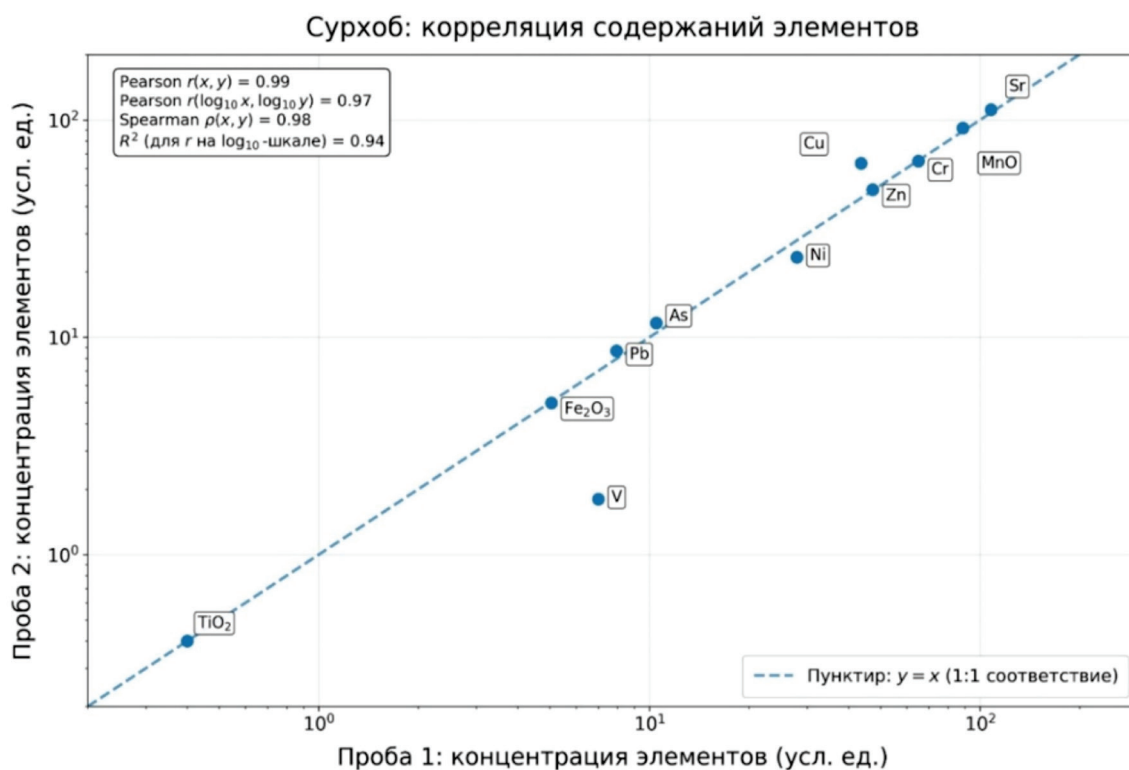


Рисунок 4. Концентрация ТМ в пробах, отобранных на леднике Сурхоб

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о геохимической однородности исследуемых объектов и указывают на возможное наличие общего источника поступления вещества либо сходных условий формирования минеральной среды. Для оценки степени ге-

охимического сходства моренных проб ледника был рассчитан коэффициент корреляции Пирсона между концентрациями элементов (графа «Значение»). Получены следующие результаты: $r = 0,987$; $R^2 = 0,975$; $p < 0,001$ (Рис. 5).



Примечание: совместно показаны оксиды (%), напр. MnO , TiO_2 , Fe_2O_3 и микроэлементы (ppm), поэтому оси подписаны как «усл. ед.».
Пунктирная линия — это $y = x$ (1:1 соответствие), а не линия регрессии.

Рисунок 5. Корреляция содержания элементов в пробах морен ледника Сурхоб

Значение $r = 0,987$ указывает на очень сильную положительную корреляционную связь между двумя пробами. Это означает, что изменения концентраций элементов в пробе Сурхоб - 1 сопровождаются аналогичными изменениями в пробе Сурхоб - 2.

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,975$ показывает, что 97,5% вариации элементного состава второй пробы «Сурхоб-2» статистически аналогична с вариацией элементного состава первой пробы «Сурхоб - 1». Уровень значимости ($p < 0,001$) подтверждает, что выявленная зависимость маловероятно является случайной.

Полученные данные свидетельствуют о литологическом сходстве, и вероятно, об общем источнике моренного материала при близких условиях его формирования. Элементный состав характеризуется высокой устойчивостью, а выявленные различия носят локальный характер (например, умеренное повышение Zn и снижение V во второй пробе).

Высокая степень корреляции указывает на однотипность процессов переноса и аккумуляции моренного материала в пределах исследуемого участка ледника. В целом корреляционный анализ подтверждает, что пробы Сурхоб-1 и Сур-

хоб-2 близки по геохимическому составу и отражают единую литогенную среду района. Полученные результаты имеют важное значение для оценки фонового уровня содержания элементов и характеристики геохимических условий исследуемой территории.

Выводы

В результате проведенных исследований выявлено повышенное содержание мышьяка в почвах моренных отложений ледника Сурхоб. Полученные результаты свидетельствуют о наличии выраженных геохимических аномалий, формирование которых, вероятно, связано, как с природными особенностями геологической среды, так и с влиянием антропогенных факторов.

Проведенная работа подтверждает научную значимость и обоснованность дальнейшего углубленного изучения данного направления. Реализация аналогичных исследований способствует организации систематического мониторинга загрязнения ледниковых экосистем, а также позволяет проводить оценку состояния окружающей среды в более широких пространственно-временных рамках - на региональном и национальном уровнях.

Особую значимость подобные исследования приобретают в условиях современного изменения климата, сопровождающегося сокращением площади ледников и активизацией процессов перераспределения загрязняющих веществ, ранее накопленных в криосфере. В этой связи анализ распределения мышьяка и других токсичных элементов в ледниковых и приледниковых системах может рассматриваться как эффективный инструмент для оценки потенциальных экологических рисков и разработки природоохранных мероприятий [7, 12].

Литература

1. Давлятова, А.Х. Динамика и бо морена пӯшидашавии пирихи Қизилсу / А. Х. Давлятова // Захираҳои обӣ, энергетика ва экология. – 2024. – Vol. 4, No. 4. – P. 33-40.

2. Golitsyn G.S. On the surface are cooling due too dust atmospheric turbidity / G.S. Golitsyn, A.Kh. Shukurov, S.F. Abdullaev, B.I. Nazarov // in Joint Soviet-American experiment on arid aerosol. St. Petersburg. Hydrometeoizdat 1993. P. 67-78.
3. Каюмов А.К. Статистический анализ содержания тяжелых металлов и изотопов в составе атмосферного аэрозоля и почв высокогорных зон Таджикистана / А.К. Каюмов, С.Ф. Абдуллаев, Д.А. Каюмова // Вестник ТНУ. – 2020. – №. 4. – С. 147.
4. Самиев С. Б. и др. Исследование качества воздуха в Таджикистане // Вестник ТНУ. Серия естественных наук. – 2020. – №. 4. – С. 154-165.
5. Abdullaev S.F. Investigation of dust aerosol and soil samples by laser fluorimetry / S.F. Abdullaev., B.I. Nazarov., V.A. Maslov // Optics of the atmosphere and ocean. 2012.Vol. 25., No. 7., p. 644-649.
6. Abdullaev S.F. Distribution of natural and technogenic radioactivity in soil and dust haze samples in the south of Tajikistan / S.F. Abdullaev, B.I. Nazarov, V.A. Maslov, et al // Atmospheric and Ocean Optics. 2013.Vol. 26, No. 03. p. 187 193.
7. Рекогносцировочные исследования вод горных озер изотопным методом (озёра Сапез, Шадау. Таджикистан) / Ф.И. Шаймуратов, Д.Б. Ниязов, Д.А. Абдушукуров, Н.Б. Курбон // Водные ресурсы, энергетика и экология. – 2026. – Т.5. – №4. – С.119-125. – EDN GYQOMX.
8. Кайданова О.В. Тяжелые металлы в почвах свалки промышленных отходов (Курская область) / О.В. Кайданова, Т.И. Борисочкина, С.Б. Суслова, И.В. Замотаев, Н.О. Тельнова / Геоэкология. - №3. – 2019. – С.41-48.
9. Фаурат, А. А. Содержание тяжелых металлов в снежном покрове Восточной промышленной зоны г. Павлодара / А. А. Фаурат, Г. С. Ажаев, Е. З. Шакенов // Вестник НЯЦ РК. - выпуск 3, сентябрь 2023. – С. 13-24.
10. Adimalla N. Assessment of heavy metal (HM) contamination in agricultural soil lands in northern Telangana, India: an approach of spatial distribution and multivariate statistical analysis / Adimalla N., Qian H., Wang H. // Environmental monitoring and assessment. – 2019. – Vol. 191, N. 126.–P.1-15.
11. Turhan Ş. Ecological assessment of heavy metals in soil around a coal fired thermal power plant in Turkey / Turhan Ş., Garad A. M. K., Hançerlioğulları A., Kurnaz A., Gören E., Duran C., Karataşlı M., Altıkulaç A., Savacı G., Aydın A. // Environmental Earth Sciences. – 2020. – Vol. 79, – P. 1-15.

12. Сравнение физико-химического свойства и изотопного состава воды некоторых озер и рек Таджикистана / Н.Б. Курбонов, З.В. Кобули, Ф.И. Шаймуратов [и др.] // Актуальные

проблемы геологии, геофизики и геоэкологии: Материалы XXXII молодежной научной школы-конференции, Петрозаводск, 12-15 октября 2021 года. – С.91-94. – EDN CGKZDS.

ПАҲНШАВИИ МЕТАЛЛҲОИ ВАЗНИН ДАР НАМУНАҲОИ ХОКИ МОРЕНАИ ПИРЯХИ СУРХОБ, БОЛООБИ ДАРӢИ СУРХОБ

Давлятова А.Х.^{1,*}, Ёрова Б.С.¹, Амиров У.А.¹, Убайдуллоев У.Р.¹

¹Муассисаи давлатии илмӣи Институти омӯзиши пирахҳо ва криосфераи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

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

Шарҳи мухтасар. Дар кори мазкур натиҷаҳои таҳлили миқдори металлҳои вазнин (МВ) дар шакли элементҳои озод ва оксидҳои онҳо дар намунаҳои хоки моренаи пирахии Сурхоб (Қизилсу), ки дар қисми болоии забонаи пирах, дар баландии 3538 м (Сурхоб-1; 39°5'43.36"С, 71°25'6.52"В) ва 3520 м ва (Сурхоб-2); 39°5'48.72"С, 71°25'2.58"В) пешниҳод шудаанд. Таркиби элементии намунаҳо бо усули спектрометрияи рентгенофлуоресцентӣ муайян карда шуд. Маълум гардид, ки миқдори марғи муш (*As*) аз ҳадди ниҳиши иҷозатдодашуда (ПДК) ба ҳисоби миёна 5,25 маротиба зиёд буда, ин метавонад бо интиқоли дурдасти атмосферии моддаҳои ифлоскунанда ва инчунин хусусиятҳои табиӣи геохимиявии минтақа вобаста бошад. Дар намунаҳои таҳлилишуда миқдори *TiO₂*, *MnO*, *Pb*, *Sr*, *Ni* ва *C* аз меъёрҳои муқарраршудаи ҲНИ ба таъри назаррас паст буд. Ҳамзамон, дар намунаи №1 зиёдишавии ҲНИ ва нишондиҳандаҳои Кларк барои *Co* ва *As* ба қайд гирифта шуд, дар ҳоле ки дар намунаи №2 зиёдишавии Кларк барои *Zn* ва *Fe₂O₃* мушоҳида гардид. Натиҷаҳои бадастомада метавонанд ҳангоми арзёбии экологӣ ва муайян намудани ҳолати муҳити зисти ҳудудҳои баландкӯҳ мавриди истифода қарор гиранд.

Калидвожаҳо: пирахии Сурхоб, таркиби элементии хок, металлҳои вазнин, консентратсияи ҳадди иҷозатдодашуда (ПДК), таҳлили рентгенофлуоресцентии партовҳои морена, аэрозол, Кларк.

DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN SOIL SAMPLES OF GLACIAL MORaine OF THE SURKHOB GLACIER UPPER REACHES OF THE SURKHOB RIVER

Davlyatova A.Kh.^{1,*}, Yorova B.S.¹, Amirov U.A.¹, Ubaidulloev U.R.¹

¹Institute for the Study of Glaciers and the Cryosphere of the National Academy of Sciences of Tajikistan

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

Abstract. This study presents the results of an analysis of heavy metal (HM) concentrations in the form of free elements and their oxides in soil samples collected from the moraine of the Surkhob (Kyzylsu) Glacier, specifically from the upper part of the glacier tongue at elevations of 3538 m (Surkhob-1; 39°5'43.36" N, 71°25'6.52" E) and 3520 m (Surkhob-2; 39°5'48.72" N, 71°25'2.58" E). The elemental composition of the samples was determined using X-ray fluorescence spectrometry (XRF). The results indicate that the concentration of arsenic (*As*) exceeds the maximum permissible concentration (MPC) by an average factor of 5.25, which may be associated with long-range atmospheric transport of pollutants as well as the natural geochemical characteristics of the region. In the analyzed samples, the contents of *TiO₂*, *MnO*, *Pb*, *Sr*, *Ni*, and *C* were significantly below the established MPC values. At the same time, sample No. 1 exhibited exceedances of both MPC and Clarke values for *Co* and *As*, whereas sample No. 2 showed exceedance of Clarke values for *Zn* and *Fe₂O₃*. The obtained results can be applied in environmental assessments and for evaluating the ecological condition of high-mountain regions.

Keywords: Surkhob Glacier, elemental composition of soils, heavy metals, maximum permissible concentration, fluorescence analysis of moraine deposits, aerosol, Clarke.

Маълумот дар бораи муаллиф: Давлятова А.Х. – ходими илмӣи Институти омӯзиши пирахҳо ва криосфераи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел: (+992) 93-776-95-00. E-mail: adolatcryos@gmail.com; Ёрова Б.С. – ходими илмӣи Институти омӯзиши пирахҳо ва криосфераи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел: (+992) 93-777-14-31. E-mail: bibigulyorova@gmail.com; Амиров У.А. – ходими илмӣи Институти омӯзиши пирахҳо ва криосфераи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел: (+992)

501-50-33-20. E-mail: umed1211.cryos@gmail.com; Убайдуллоев У.Р. – ходими калони илмии Институти омӯзиши пирахҳо ва криосфераи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел: (+992) 200-00-09-46. E-mail ubaydulloev80@gmail.com.

Сведения об авторах: Давлятова А.Х. – научный сотрудник Института изучения ледников и криосферы Национальной академии наук Таджикистана, Тел: (+992) 93-776-95-00. E-mail: adolacryos@gmail.com; Ёрова Б.С. – научный сотрудник Института изучения ледников и криосферы Национальной академии наук Таджикистана, Тел: (+992) 93-777-14-31, E-mail: bibigulyorova@gmail.com; Амиров У.А. – научный сотрудник Института изучения ледников и криосферы Национальной академии наук Таджикистана, Тел: (+992) 501-50-33-20, E-mail: umed1211.cryos@gmail.com; Убайдуллоев У.Р. – старший научный сотрудник Института изучения ледников и криосферы Национальной академии наук Таджикистана, Тел: (+992) 200-00-09-46. E-mail ubaydulloev80@gmail.com.

Information about the author: Davlyatova A.Kh. – Researcher of the Institute for the Study of Glaciers and the Cryosphere of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone: (+992) 93-776-95-00, E-mail: adolacryos@gmail.com; Yorova B.S. – Researcher of the Institute for the Study of Glaciers and the Cryosphere of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone: (+992) 93-777-14-31, E-mail: bibigulyorova@gmail.com; Amirov U.A. – Researcher of the Institute for the Study of Glaciers and the Cryosphere of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone: (+992) 501-50-33-20, E-mail: umed1211.cryos@gmail.com; Ubaydulloev U.R. – Senior Researcher of the Institute for the Study of Glaciers and the Cryosphere of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone: (+992) 200-00-09-46, E-mail: ubaydulloev80@gmail.com.

КОИДАҲО 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 матн 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:

Матн 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 матнҳои тоҷикӣ таҳия гардида, дар матн ҳаҷми ҳарфҳо 12, 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 формулаҳое, 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 A4 бо назардошти рӯйхати адабиёти истифодашуда ва аннотатсияҳо аз 10 то 15 саҳифаро бояд дар бар гирад.

Сохтори мақола бояд бо тартиби зерин таҳия гардад:

1. Индекси УДК барои мақола;
2. Номи мақола (I - Моҳияти тадқиқотро кӯтоҳ ва дақиқ инъикос мекунад; II - Баъзан калимаҳои калидиро дар бар мегирад);
3. Насаб ва дар шакли ихтисор ном ва номи падар;
4. Номи муассисае, ки дар он муаллиф (он) қору фаъолият менамояд (янд), нишони муассиса, шаҳр, кишвар;
5. Почтаи электронии муаллифи масъул;
6. Шарҳи мухтасар (I - Хулосаи мухтасари мазмуни мақола (100–250 калима); II - Ҳадаф, усулҳо, натиҷаҳои асосӣ ва хулосаҳои нишон медиҳад; III - Бо услуби кӯтоҳ ва иттилоотӣ навишта мешавад);
7. Калидвожаҳо (I - 4–8 калима ё иборае, ки муҳтавои асосии мақоларо инъикос мекунад; II - Барои ҷустуҷӯ дар пойгоҳҳои додаҳо истифода мешаванд);
8. Муқаддима (I - Аҳамият ва зарурати мавзӯро асоснок мекунад; II - Масъалаи илмиро баён мекунад; III - Шарҳи адабиёт (таҳқиқоти қаблӣ); IV - Ҳадаф ва вазифаҳои тадқиқот; V - Гипотеза (агар бошад); V - Шарҳи кӯтоҳи усулҳои истифодашуда;
9. Мавод ва усулҳо (I - Тавсифи муфассали усулҳо, таҷҳизот ва равишҳои истифодашуда; II - Тадқиқоти таҷрибавӣ ё назариявиро шарҳ медиҳад; III - Бояд имкони такрор кардани тадқиқотро фароҳам оварад);
10. Натиҷаҳо (I - Пешниҳоди маълумоти бадастомада; II - Аксаран бо ҷадвалҳо, графикҳо ва расмҳо ҳамроҳӣ мешавад; III - Тавсифи мешавад, бе тафсири амик);
11. Мубоҳиса (I - Тафсири натиҷаҳо; II - Муқоиса бо таҳқиқоти дигар; III - Шарҳи эҳтимолии сабабҳои натиҷаҳо; IV - Маҳдудиятҳои тадқиқот);
12. Хулоса (I - Хулосаи кӯтоҳ аз натиҷаҳои асосӣ; II - Чӣ муайян ё исбот карда шуд; III - Пешниҳодҳо барои тадқиқоти оянда);
13. Миннатдорӣ (I – Ёдоварии номҳои ташкилотҳо, грантҳо ё шахсоне, ки ёрӣ расонданд);
14. Адабиёт (I - на камтар аз 10 номгӯй ва на бештар аз 20 номгӯйи адабиёти илмӣ; II - Ҳама манобеъе, ки муаллиф истинод кардааст; III - Мувофиқи стандарти муайян навишта мешавад (APA, MLA, ГОСТ ва ғ.);
15. 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);
16. Дар охири мақола бо ду забон (русӣ ва англисӣ) маълумот дар бораи муаллиф (он) бо тартиби зерин нишон дода шавад: 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 шавад. 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 12 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 (I - Кратко и точно отражает суть исследования; II - Иногда включает ключевые термины);
3. Фамилия и инициалы автора;
4. Название организации, в которой работает автор (ы) статьи, почтовый адрес организации, город, страна;
5. Электронная почта автора-корреспондента;
6. Аннотация (I - Краткое резюме содержания статьи (100–250 слов); II - Указывается цель, методы, основные результаты и выводы; III - Пишется в сжатом и информативном стиле);
7. Ключевые слова (I - 4–8 слов или фраз, отражающих основное содержание статьи);
8. Введение (I - Обоснование актуальности темы; II - Постановка научной проблемы; III - Обзор литературы (предыдущие исследования); IV - Цель и задачи исследования; V - Гипотеза (если применимо); VI - Методы исследования (иногда кратко);
9. Материалы и методы (I - Подробное описание используемых методов, приборов, подходов; II - Описывается экспериментальный или теоретический подход; III - Обеспечивает возможность воспроизведения исследования другими учёными;
10. Результаты (I - Представление полученных данных; II - Часто сопровождаются таблицами, графиками, рисунками; III - Описание, но без глубокой интерпретации);
11. Обсуждение (I - Интерпретация результатов; II - Сравнение с другими исследованиями; III - Объяснение возможных причин полученных эффектов; IV - Ограничения исследования;
12. Выводы (I - Краткое подведение итогов; II - Что удалось установить, доказать; III - Возможные перспективы дальнейших исследований);
13. Благодарности (I - Упоминание организаций, грантов, лиц, оказавших помощь);
14. Литература (I - не менее 10 и не более 25 наименований научной литературы; II - Все источники, на которые ссылается автор; III - Оформляется по определённому стилю (APA, MLA, ГОСТ и др.);
15. Название статьи, аннотация и ключевые слова на трех языках: таджикском, русском и английском;
16. 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 – 12, 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 (I - Briefly and accurately reflects the essence of the research; II - Sometimes includes key terms);
3. Surname and initials of the author;
4. The name of the organization in which the author (s) of the article work, the postal address of the organization, the city, and the country;
5. Email of the author correspondent;
6. Abstract (I - A brief summary of the article's content (100–250 words); II - States the purpose, methods, main results, and conclusions; III - Written in a concise and informative style);
7. Keywords (I - 4–8 words or phrases that reflect the main content of the article; II - Help in indexing and searching in databases);
8. Introduction (I - Justifies the relevance of the topic; II - States the scientific problem; III - Literature review (previous research); IV - Research aim and objectives; V - Hypothesis (if applicable); VI - Brief mention of methods);
9. Materials and Methods (I - Detailed description of the methods, instruments, and approaches used; II - Describes experimental or theoretical approaches; III - Should provide enough detail for replication by other researchers);
10. Results (I - Presentation of the obtained data; II - Often accompanied by tables, graphs, or figures; III - Descriptive, without deep interpretation);
11. Discussion (I - Interpretation of the results; II - Comparison with other studies; III - Explanation of possible causes of observed effects; IV - Study limitations);
12. Conclusion (I - Summary of key findings; II - What was established or proven; III - Prospects for future research);
13. Acknowledgements (optional) (I - Mentions of organizations, grants, or individuals who provided assistance);
14. References (I - No less than 10 and no more than 25 titles of scientific literature; II - All sources cited by the author; III - Formatted according to a specific citation style (APA, MLA, Chicago, GOST, etc.);
15. 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);
16. 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) are responsible for the accuracy of the information.