

ISSN: 2789-0953

2025 / №5 (1)



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

*бахшида ба Конференсияи байналмилалӣ сатҳи баланд оид ба ҳифзи
пиряхҳо дар доираи Соли байналмилалӣ ҳифзи пиряхҳо (соли 2025)
(29-31 майи соли 2025, Душанбе)*

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

*посвящается Международной конференции высокого уровня по сохранению
ледников в рамках Международного года сохранения ледников (2025)
(29-31 мая 2025 г., Душанбе)*

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

*dedicated to the International High-Level Conference on Glacier Conservation
within the framework of the **International Year of Glaciers’ Preservation** (2025)
(29-31 May 2025, Dushanbe)*

2025

ТОМ 5

№ 1

ДУШАНБЕ

Сармухаррир – доктори илмҳои техники Гулаҳмадзода А.А.

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

Котиби масъул – ходими илмӣ Махмудов А.Н.

Муҳаррири забони тоҷикӣ: Курбон Н.Б., н.и.т., дотсент;
Муҳаррири забони русӣ: Степанова Н.Н., н.и.т.;
Муҳаррири забони англисӣ: Фатуллаева З.;
Ороиши компютерӣ ва тарроҳӣ: Рахимов Ф. ва Исоев Ч.

Хайати таҳририя:

Абдуллозода С.Ф. – доктори илмҳои физикаю математика, профессор; Амирзода О.Х. – доктори илмҳои техники, дотсент; Абдушукуров Ч.А. – номзади илмҳои физикаю математика; Азизов Р.О. – доктори илмҳои техники, профессор; Бахриев С.Х. – номзади илмҳои техники, профессор; Давлатшоев С.К. – номзади илмҳои техники, дотсент; Кодиров 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 Ч.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); Рахимов 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; Хакдод 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 – Махмудов А.Н.

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; Бахриев С.Х. – кандидат технических наук, профессор; Давлатшоев С.К. – кандидат технических наук, доцент; Кариева Ф.А. – кандидат биологических наук; Кодиров А.С. – доктор технических наук; Мирзохонова С.О. – кандидат технических наук; Муртазоев У.И. – доктор географических наук, профессор; Насыров Н.К. – доктор технических наук; Ниязов Дж.Б. – кандидат исторических наук; Пулатов Я.Э. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; Расулов Р.Х. – доктор технических наук, профессор (Узбекистан); Рахимов 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; Хакдод 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 марти соли 2021 таъсис ёфтааст. Маҷалла 28 майи соли 2024 таҳти №346/МҚ-97 дар Вазорати фарҳанги Ҷумҳурии Тоҷикистон ба қайд гирифта шудааст.

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

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

Бо қарори Комиссияи олии аттестатсионии 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 (публикаций) 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

Ҳақдод М.М., Гулаҳмадзода А.А., Ҳақдодов А.М. ДАР БОРАИ НАҚШИ ИЛМҶОИ КРИОСФЕРА ДАР ОМУЌИШ ВА НИГОҲДОРИИ ПИРЯХҶО	9
Расулзода Ҳ.Ҳ. ҶОЛАТИ ПИРЯХҶОИ НАЗОРАТИИ ТОҶИКИСТОН ДАР ДАВРАИ СОЛҶОИ 1956-2021	18
Маҷидов О.Ш., Муртазоев У.И. РАВАНДҶОИ МАҶРОӢ ДАР САРГАҶИ ДАРӢҶОИ КУҶИИ ТОҶИКИСТОН	32
Ҷазылов А.Р., Юсуфбеков Ф.Ш., Наврузшоев Ҳ.Д., Сафаров М.С., Гулаёзов М.Ш. ИНШООТҶОИ ОБҚАБУЛКУНАНДА ДАР ДАРӢҶОИ МИНТАҚАИ КУҶӢ ВА ДОМАНАКУҶӢ	38
Пирова Ш.Ҳ. МАСЪАЛАИ МУАЙЯНСОЗИИ ҶУЗЪҶОИ (УНСУРҶОИ) ГИДРАВЛИКИИ БУРИШИ АРЗИИ КАНАЛҶО	50
Давлатшоев С.К., Шамсуллоев Ш.А. КОРКАРДИ УСУЛИ НАЗОРАТИИ РОҶҶОИ МУТАМАРКАЗИ ПОЛОИШӢ ҚАД-ҚАДИ ТАРҚИШИ ИОНАХШ	54
Ҳақбердиев Ҳ.М. ҶАНБАҶОИ ИҚТИСОДӢ-ГЕОГРАФИИ ЗАХИРАҶОИ ОБӢ ВА ЗАМИНИИ МАДМ	63

ЭНЕРГЕТИКА

Иноятова К.Л., Гулаҳмадзода А.А., Хочаева Н. ДУРНАМОИ РУШДИ НЕРУГОҶҶОИ БАРҚИ ОБӢ ДАР КИШВАРҶОИ ОСИӢИ МАРКАЗӢ	71
Раҳимзода Ҷ.Б., Воҳидов М.М., Қудратова Д.Ҷ. БАҶОДИҶИИ САМАРАНОКИИ СИСТЕМАИ ИНТЕЛЕКТУАЛИИ ҶИСОБИ ИСТЕЪМОЛИ ЭНЕРГИЯИ ЭЛЕКТРИКӢ	81
Ҳасанов Б.М., Гулаҳмадзода А.А., Раҳмонов Ш.С. ИСТИФОДАИ ПОТЕНСИАЛИ МАНБАЪҶОИ ЭНЕРГИЯИ БАРҚАРОРШАВАНДА ДАР ТОҶИКИСТОН: ДИВЕРСИФИКАТСИЯ, ЧАЛЛИШҶО ВА РОҶҶОИ СТРАТЕГӢ БА ИСТИҚЛОЛИ ЭНЕРГЕТИКӢ	87
Гулаҳмадзода А.А., Раҳмонов Ш.С., Ҳасанов Б.М., Давлатшоев С.К., Азизов З.Б. ЭНЕРГИЯИ ГИДРОГЕНӢ. ҚИСМИ 2. ДУРНАМОИ РУШДИ ЭНЕРГИЯИ ГИДРОГЕНӢ ДАР ТОҶИКИСТОН	98

ЭКОЛОГИЯ

Шаймуродов Ф.И., Эмомов К.Ф., Бобозода С.Ф., Холмирзозода М.О., Ҷомидов С.К. АРЗӢБИИ ҶОЛАТИ ОБҶОИ РӢИЗАМИНӢ ДАР ДАРАИ КАМАРОБИ ВОДИИ РАШТ	108
Норматов И.Ш., Қурбон Н.Б., Холматов Б.Р., Нуров А.У. ОИД БА АҶАМИЯТИ ВАЗЪИ ЭКОЛОГИИ ОБИ ДАРӢИ ЗАРАФШОН ВА ОФАТҶОИ ТАБИИИ МАРБУТ БА ОБ ДАР ҶАВЗА	116
Боев М.Р., Шоймуродов Ф.И., Шарифов Ф.Д., Қурбон Н.Б. ТАҶӢИРӢБИИ МАВСИМИИ ТАРКИБИ ОБИ ШОҶОБҶОИ АСОСИИ ҶАВЗАИ ДАРӢИ КОФАРНИҶОН	123
Ҷазлиддини Н., Аҳмадов П.М., Муродов П.Х., Амирзода О.Ҳ. ОИД БА МАСЪАЛАИ НИЗОМИ МОНИТОРИНГИ СИФАТИ ОБИ НӢШОКӢ ДАР МИСОЛИ ШАҶРИ ДУШАНБЕ	131

Маҳмадалиев А.Г., Ҳақдод М.М. ТАҲЛИЛИ ВАЗЪИЯТИ ЭКОЛОГӢ ВА ТАЪСИРИ ИҚТИШОФИ ГЕОЛОГӢ ВА ИСТИХРОҚӢ БА МУҲИТИ ЗИСТИ МИНТАҚАИ КУҲИМАӢДАНИИ ЗАРАФШОН	139
--	-----

СОДЕРЖАНИЕ

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Хакдод М.М., Гулахмадзода А.А., Хакдодов А.М. О РОЛИ КРИОСФЕРНЫХ НАУК В ИЗУЧЕНИИ И СОХРАНЕНИИ ЛЕДНИКОВ	9
Расулзода Х.Х. СОСТОЯНИЕ РЕПРЕЗЕНТАТИВНЫХ ЛЕДНИКОВ ТАДЖИКИСТАНА НА ПЕРИОД 1956-2021 ГОДЫ	18
Маджидов О.Ш., Муртазаев У.И. РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ У ИСТОКОВ ГОРНЫХ РЕК ТАДЖИКИСТАНА	32
Фазылов А.Р., Юсуфбеков Ф.Ш., Наврузшоев Х.Д., Сафаров М.С., Гулаёзов М.Ш. ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА РЕКАХ ГОРНО-ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ	38
Пирова Ш.Х. ПРОБЛЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ (ЭЛЕМЕНТОВ) ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ КАНАЛА ...	50
Давлатшоев С.К., Шамсуллоев Ш.А. РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОНТРОЛЯ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ВДОЛЬ ИОНАХШСКОГО РАЗЛОМА	54
Хакбердиев Х.М. ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОДНЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ МАДМ	63

ЭНЕРГЕТИКА

Иноятова К.Л., Гулахмадзода А.А., Ходжаева Н. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В СТРАНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ	71
Рахимзода Дж.Б., Вохидов М.М., Кудратова Д.Дж. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УЧЕТА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ	81
Хасанов Б.М., Гулахмадзода А.А., Рахмонов Ш.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ТАДЖИКИСТАНЕ: ДИВЕРСИФИКАЦИЯ, ВЫЗОВЫ И СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПУТИ К ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ	87
Гулахмадзода А. А., Рахмонов Ш. С., Хасанов Б. М., Давлатшоев С.К., Азизов З.Б. ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА. ЧАСТЬ 2. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ТАДЖИКИСТАНЕ	98

ЭКОЛОГИЯ

Шаймурадов Ф.И., Эмомов К.Ф., Бобозода С.Ф., Холмирзозода М.О., Хамидов С.К. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД УЩЕЛЬЯ КАМАРОБ РАШТСКОЙ ДОЛИНЫ	108
Норматов И.Ш., Курбон Н.Б., Холматов Б.Р., Нуров А.У. ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДЫ РЕКИ ЗЕРАФШАН И СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ, СВЯЗАННЫХ С ВОДОЙ В БАССЕЙНЕ	116
Боев М.Р., Шоймуродов Ф.И., Шарифов Ф.Д., Курбон Н.Б. СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ВОДЫ В ПРИТОКАХ РЕКИ КАФИРНИГАН	123

Фазлиддини Н., Ахмадов П.М., Муродов П.Х., Амирзода О.Х. К ВОПРОСУ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ПИТЬВОЙ ВОДЫ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ДУШАНБЕ	131
Махмадалиев А.Г., Хакдод М.М. АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ И ВЛИЯНИЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ЗЕРАВШАНСКОГО ГОРНОРУДНОГО РЕГИОНА	139

TABLE OF CONTENTS

WATER RESOURCES

Haqdod M.M., Gulahmadzoda A.A., Haqdodov A.M. ON THE ROLE OF CRYOSPHERIC SCIENCES IN THE STUDY AND PRESERVATION OF GLACIERS	9
Rasulzoda H.H. STATE OF REPRESENTATIVE GLACIERS OF TAJIKISTAN FOR THE PERIOD 1956-2021	18
Majidov O.Sh., Murtazaev U.I. CHANNEL PROCESSES AT THE SOURCES OF MOUNTAIN RIVERS IN TAJIKISTAN	32
Fazilov A.R., Yusufbekov F.Sh., Navruzshoev H.D., Safarov M.S., Gulayozov M.Sh. WATER INTAKE STRUCTURES ON THE RIVERS OF THE MOUNTAIN-FOOTHILL ZONE	38
Pirova Sh.H. THE PROBLEM OF DETERMINING HYDRAULIC COMPONENTS (ELEMENTS) OF CHANNEL CROSS-SECTION	50
Davlatshoev S.K., Shamsulloev Sh.A. DEVELOPMENT OF A METHOD FOR MANAGING CONCENTRATED FILTRATION ALONG THE IONAKH FAULT ZONE	54
Haqberdiev H.M. ECONOMIC AND GEOGRAPHICAL ASPECTS OF WATER AND LAND RESOURCES OF MADM	63

ENERGY

Inoyatova K.L., Gulahmadzoda A.A., Khojaeva N. PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF HYDROELECTRIC POWER PLANTS IN CENTRAL ASIAN COUNTRIES	71
Rakhimzoda J.B., Vohidov M.M., Qudratova D.J. ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF INTELLIGENT SYSTEMS OF ELECTRICITY ACCOUNTING SYSTEMS	81
Hasanov B.M., Gulakhmadzoda A.A., Rakhmonov Sh.S. UTILIZATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES POTENTIAL IN TAJIKISTAN: DIVERSIFICATION, CHALLENGES, AND STRATEGIC PATHS TO ENERGY INDEPENDENCE	87
Gulahmadzoda A.A., Hasanov B.M., Rahmonov Sh. S., Davlatshoev S.K., Azizov Z.B. HYDROGEN ENERGY. PART 2. DEVELOPMENT PROSPECTS OF HYDROGEN ENERGY IN TAJIKISTAN	98

ECOLOGY

Shaimuradov F.I., Emomov K.F., Bobozoda S.F., Kholmirezoda, M.O., Khomidov S.K. ASSESSMENT OF THE STATE OF SURFACE WATERS IN THE KAMAROB GORGE OF THE RASHT VALLEY	108
Normatov I.Sh., Kurbon N.B., Kholmatov B.R., Nurov A.U. ON THE RELEVANCE OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE WATER OF THE ZARAFSHON RIVER AND NATURAL DISASTERS ASSOCIATED WITH WATER IN THE BASIN	116

Boev M.R., Shaymurodov F.I., Sharifov F.D., Kurbon N.B. SEASONAL CHANGES IN THE WATER COMPOSITION OF THE MAIN TRIBUTARIES OF THE KOFARNIHON RIVER BASIN	123
Fazliddini N., Ahmadov P.M., Murodov P.Kh., Amirzoda O.H. ON THE ISSUE OF DRINKING WATER QUALITY MONITORING SYSTEM ON THE EXAMPLE OF DUSHANBE CITY	131
Makhmadaliev A.G., Haqdod M.M. ANALYSIS OF THE ECOLOGICAL SITUATION AND THE IMPACT OF SUBSOIL MANAGEMENT ON THE ENVIRONMENT OF THE ZERAFSHAN MINING REGION	139

О РОЛИ КРИОСФЕРНЫХ НАУК В ИЗУЧЕНИИ И СОХРАНЕНИИ ЛЕДНИКОВ

Хакдод М.М.^{1,*}, Гулахмадзода А.А.¹, Хакдодов А.М.¹

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

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

Аннотация. В целях поддержки криосферных наук и содействия глобальному научному сотрудничеству для решения проблем, связанных с таянием ледников и изменения в криосфере 13 августа 2024 года Генеральная Ассамблея ООН приняла резолюцию «Десятилетие действий в поддержку криосферных наук, 2025-2034 годы», предложенной Республикой Таджикистан и Франции. Принятие данной инициативы ещё раз свидетельствует о ведущей роли Таджикистана в продвижении водно-климатической повестки дня, включая сохранение ледников на глобальном уровне. В статье приводится анализ состояния и развитие науки о криосфере и ее составляющих для повышения осведомленности о роли ледников, снега и льда в климатической системе и гидрологическом цикле и мерах по их сохранению.

Ключевые слова: криосфера, наука о криосфере, криология, криософия, водные ресурсы, изменение климата, изучение и сохранение ледников

Введение

Важность инициативы «Десятилетие действий в поддержку криосферных наук, 2025-2034 годы» заключается в том, что Правительство Таджикистана в сотрудничестве с ООН и другими международными организациями в рамках ранее объявленных инициатив провело важные международные мероприятия высокого уровня по водным вопросам и создала прочную платформу для сотрудничества и диалога в достижении устойчивого развития [1].

Данное десятилетие является логическим продолжением Международного года сохранения ледников, который был объявлен ООН в 2025 году по инициативе Президента Республики Таджикистан уважаемого Эмомали Рахмона. Предложенная инициатива направлена на продвижения мероприятий для повышения осведомленности о Десятилетии и важности ледников, снега и льда в климатической системе и гидрологическом цикле, об экономических, социальных и экологических последствиях, а также обмениваться передовым опытом и знаниями на национальном, региональном и международном уровнях. В этих целях, 29-31 мая

2025 года в г. Душанбе состоится Международная конференция высокого уровня по сохранению ледников [2].

Целью проведения данной конференции является продвижение глобальных усилий по решению проблемы таяния ледников и его широкомасштабных последствий посредством совместных действий, научных инноваций и согласования политики, путем мобилизации ресурсов и содействия международному сотрудничеству.

Основными задачами Международной конференции высокого уровня по сохранению ледников обозначены следующие:

- развитие научных исследований и мониторинга для лучшего понимания динамики ледников;
- смягчение социально-экономических последствий отступления ледников;
- продвижение интегрированных стратегий адаптации, таких как системы раннего предупреждения и снижение риска бедствий.

Как следует из цели и задач конференции вопрос развития научных исследований для лучшего понимания криосферных наук, изучающие ледники, помогают понять процессы их таяния и разрабаты-

вать стратегии для сохранения этих уникальных природных объектов.

В настоящей работе проведено исследование состояния и развития науки о криосфере и ее составляющих для повышения осведомленности о роли ледников, снега и льда в климатической системе и гидрологическом цикле, а также предложены меры по изучению и сохранению ледников.

История зарождения и развития криосферы как науки

Термин «криосфера» происходит от греческого слова «krios», что означает холод, в состав которого входят: системы ледяных облаков, снежный покров, ледяной покров водоёмов, наледи, ледники гор, ледниковые покровы, сезонно-мёрзлые почвы и горные породы с поземными льдами.

В зависимости от цели и задачи исследования существует различные направления науки о криосфере, такие как криология и ее составные смежные науки.

Криология — комплексная наука о природных объектах и процессах, происходящих в криосфере. Криология исследует физические, химические и минералогические изменения воды при температурах ниже её точки замерзания, а также природные тела и явления, возникающие при отрицательных температурах. В задачи криологии входит также разработка методов прогноза изменений криосферы Земли и её естественно-исторических компонентов как под воздействием естественных, так и антропогенных факторов.

Исходя из этого, в состав криологии, входят такие науки как геокриология (мерзловедение) - изучает многолетнюю криолитозону (зону мерзлоты в земной коре), и гляциология, который - изучает гляциосферу (атмосферные льды, наземное и морское оледенение).

Кроме того, в составе криологии объединяются такие подразделы, как криобиология - раздел биологии, изучающий

эффекты воздействия низких температур на живые организмы, а также практическое применение получает в криомедицине (криохирurgia, криотерапия и крионика). Криогеника - раздел физики низких температур, изучает изменения свойств различных веществ в условиях криогенных температур.

Наука криология начала складываться более ста лет назад вследствие возрастающего интереса человечества к северным широтам и проблемам покорения Северного Ледовитого океана. Появился чрезвычайно большой поток информации о температурных характеристиках среды, строении берегов, динамике ледового покрова, промерзших грунтах. Однако за недолгий период развития криологии ее методологические рамки и круг объектов исследования существенным образом расширились. К началу XXI столетия на базе криологии активно ведутся исследования криолитозоны Земли, при этом криосфера (холодная оболочка нашей планеты) стала рассматриваться в качестве геосистемы в пределах атмосферы, гидросферы и литосферы. Широкое развитие получило исследование физико-химических свойств объектов криосферы, а также изучение роли холода в эволюции биосферы (криобиология) и антропогенезе [3].

В настоящее время, развивается наука криософия – система представлений о роли мира холода (криосферы) в происхождении и эволюции вещественно-энергетических взаимодействий, в зарождении и поддержании жизни, изучающая наиболее общие существенные характеристики криосферы и её фундаментальные взаимоотношения с другими компонентами Вселенной. Идея разработки философской и методологической базы криологии была сформулирована академиком РАН В. П. Мельниковым [4].

Основной компонент криосферы – лед (предшественник воды) – ведет свое про-

исхождение от первых мгновений возникновения Вселенной, когда появляется водород и, чуть позже, кислород, в которых появление их водородной связи лежит в основе живой и неживой природы.

Ключевой объект криологии – лед и его фазовые переходы все чаще фигурируют в работах самых разных научных направлений и дисциплин [5,6]. Лёд имеет разнообразные модификации по сравнению с водой. У льда 17 фазовых состояний (из них 11 выраженных), у воды – одно. Это разнообразие проявляется в физико-химических и биологических процессах и даже в таком рядовом явлении, как атмосферные осадки, например на нас падает дождь одного типа, снег восьми модификаций и еще два смешанных водоледяных типа осадков [4].

Сравнительный анализ строения воды и углерода, как представителей неживой природы, составляющих материальную основу веществ в живой природе, показывает, что их внутренняя структура, обеспечивающая формирование и передачу наследственных признаков соединений в природе, носит схожий характер. Такой подход, позволяет рассматривать вещества живой и неживой природы, как

структурные аналоги воды, который при их взаимодействии создает уникальные требуемые свойства воды во время её кристаллизации [6].

В современную эпоху на Земле природные сплошные льды занимают на земной поверхности и в верхних слоях земной коры площадь 72,4 млн км², что составляет 14,2% площади планеты и почти половину поверхности суши. С каждым годом площадь под снежным покровом и льдами колеблется от 53,6 до 91,2 млн км², абсолютный максимум в последние годы достигал 99,2 млн км². Если к этим цифрам прибавить площадь распространения айсбергов и разреженных льдин, то получим общую площадь распространения льда на Земле 100 млн км² (19,6% земной поверхности) с ежегодными колебаниями от 81 до 119 млн км² [7].

В табл. 1 приведены сведения о площади распространения и среднем времени жизни основных видов природного льда [7]. Подавляющую массу наземных льдов образуют ледники и ледниковые покровы. В современную эпоху в них сосредоточено 98,2% всей массы льда, что почти в 5 раз больше массы жидких поверхностных вод суши.

Таблица 1. Распространение природного льда на Земле [7].

Вид льда	Масса		Площадь		Средний возраст
	т	%	млн км ²	Доля	Годы
Ледники и ледниковые покровы	$\sim 3 \cdot 10^{16}$	98,2	16	11% суши	10 000
Подземный лед	$5 \cdot 10^{14}$	1,6	32	21,5% суши	30-75
Морской лед	$4 \cdot 10^{13}$	0,1	26	7% океана	1,05
Снежный покров	$1 \cdot 10^{13}$	0,03	72	14% планеты	0,35-0,52
Айсберги	$8 \cdot 10^{12}$	0,03	63	17% океана	~ 3
Атмосферный лед	$2 \cdot 10^{12}$	0,01	510	100% планеты	$4 \cdot 10^{-3}$

В табл. 2 приведены сравнительно новые данные о суммарной площади и объеме современного оледенения на кон-

тинентах. В основе этих данных составлены Всемирный каталог ледников и Атлас снежно-ледовых ресурсов мира [8].

Таблица 2. Объем и площадь современного оледенения на континентах [8].

Континенты и острова	Объем, км ³	Площадь, км ²
Антарктида	23 296 630	13 979 000
Северная Америка и Гренландия	2 431 773	2 076 550
Европа	21 082	92 140
Азия	16 260	136 760
Южная Америка	12 690	32 300
Океания	550	825
Африка	1	20

Изменения в криосфере Земли связаны, прежде всего, с вариациями глобальной температуры, являющейся одним из основных показателей изменяющегося климата. Последствиями увеличения ПТВ и ТПО являются современные тенденции криосферных процессов – сокращение площади морских льдов, деградация горного и материкового оледенения и мерзлоты [9].

На основе балансовых данных (инструментальных наблюдений и реконструкции) для каждого из 9 ледниковых районов северного полушария были получены значения регионально осредненных

значений суммарного баланса массы льда (рис. 1). Эти значения рассчитывались осреднением годовых значений баланса массы для соответствующих лет по всем охваченным балансовыми наблюдениями ледникам этого района. Полученные регионально осредненные ряды (с учетом данных реконструкции), охватывают диапазон с 1900 по 2005 гг. Полученные данные реконструкции хорошо согласуются с результатами ранее выполненных реконструкций, модельных экспериментов и историческими свидетельствами по динамике ледников [9].

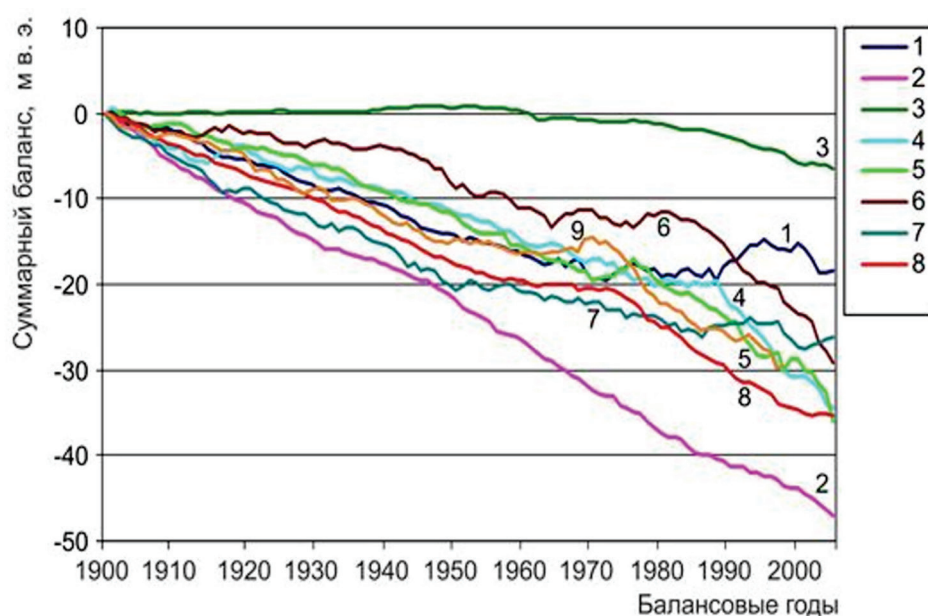


Рисунок 1. Динамика регионально осредненного суммарного баланса массы льда в ледниковых районах северного полушария в XX столетии:

1 – Скандинавия, 2 – Шпицберген, 3 – Канадский Арктический архипелаг, 4 – Аляска, 5 – Кордильеры, 6 – Альпы, 7 – Кавказ, 8 – Тянь-Шань, 9 – Памиро-Алай [9].

Годовые значения вычислялись по рассчитанным на основе регрессионной модели значениям регионально осредненного суммарного баланса массы льда. В результате получен характер изменения

регионально осредненного суммарного баланса массы льда в 9-ти ледниковых районах северного полушария с 1900 по 2050 гг. (рис. 2) [9].

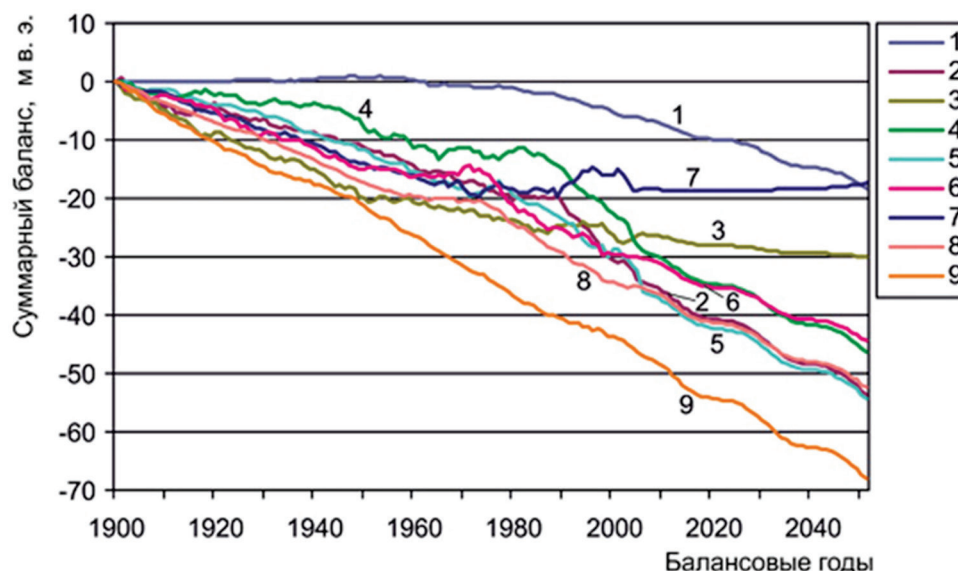


Рисунок 2. Динамика регионально осредненного суммарного баланса массы льда в ледниковых районах северного полушария в XX-м веке и в первой половине XXI века: 1 – Скандинавия, 2 – Шпицберген, 3 – Канадский Арктический архипелаг, 4 – Аляска, 5 – Кордильеры, 6 – Альпы, 7 – Кавказ, 8 – Тянь-Шань, 9 – Памиро-Алай [9].

Криосфера является особенно чувствительным индикатором изменения климата. В исследовании, опубликованном в 2021 году, впервые была сделана глобальная оценка, количественно определяющая степень покрытия Земли морским льдом, снежным покровом и мерзлой почвой [10].

В результате, в период с 1979 по 2016 год Земля потеряла в среднем 87 000 квадратных километров морского льда — площадь, равную размеру озера Верхнее. Размер криосферы имеет значение, поскольку ее яркая белая поверхность отражает солнечный свет, охлаждая планету. Изменения площади и расположения снега и льда могут изменить температуру воздуха, уровень моря и даже повлиять на океанские течения по всему миру [10].

Таким образом, тенденции в деградации современного оледенения в северном полушарии определяются естественными причинами, основной из которых явля-

ется уменьшение наклона оси вращения Земли. Полученные результаты важны для обобщенной оценки изменения ледовых ресурсов в будущем, вклада в изменение уровня Мирового океана и для мониторинга климатических изменений в северном полушарии.

Криосфера Таджикистана и его значение в изучение и сохранение ледников

Криосфера Таджикистана, состоящая из ледников и снежного покрова, представляют собой важные природные ресурсы, которые не только обеспечивают жизнедеятельность людей, но и играют ключевую роль в сохранении климата, экосистем и культурного наследия, не только на территории страны, но и за её пределами, в странах низовья. Однако их таяние и связанные с ним проблемы также требуют серьезного внимания и изучения (табл. 3).

Таблица 3. Экономическое и социальное значение ледников для горных регионов.

Значение ледников	Основные свойства	Экономическая и социальная значимость
Водные ресурсы	Ледники накапливают и хранят пресную воду	Обеспечивают питьевую воду, используются для орошения, производства гидроэнергии. Вода является товаром с рыночной стоимостью, необходимым для сельского хозяйства и обеспечения населения
Климатический регулятор	Ледники влияют на температуру, осадки и влажность в регионе	Регулируют локальный климат, способствуют предотвращению засух и перегрева в горных и прилегающих районах. Климатический фактор имеет экономическое значение для сохранения экосистем и сельского хозяйства
Туризм и рекреация	Ледники являются объектами альпинизма, горных лыж и экотуризма	Способствуют развитию туристической инфраструктуры, создают рабочие места в туризме и гостиничном бизнесе. Развитие горнолыжных курортов и экотуризма приносит значительный экономический доход регионам
Научный источник	Ледники содержат данные о климате прошлого и сохранили следы древних форм жизни	Служат источником для исследований изменения климата, археологии и биологии. Ледниковые образцы помогают прогнозировать климатические изменения, а также изучать биологическое разнообразие
Культурное и духовное наследие	Ледники могут быть связаны с мифами, легендами, являются объектами религиозного поклонения и эстетического наслаждения	Ледники играют важную роль в культурных и духовных практиках горных народов, являются символами природных чудес и связаны с местными религиозными верованиями
Экологическое наследие	Ледники поддерживают уникальные природные экосистемы, служат домом для многих видов флоры и фауны	Обеспечивают сохранение биоразнообразия, поддерживают экосистемные услуги, важны для устойчивости горных экосистем и водных ресурсов
Негативные последствия	Ледники могут препятствовать освоению природных ресурсов, создавать угрозу природных катастроф	Ограничивают разработку полезных ископаемых, гидроэнергетических объектов и инфраструктуры. Таяние ледников может вызвать природные бедствия, такие как наводнения и оползни, наносящие ущерб экосистемам и населению

Основные ресурсы криосферы Таджикистана — это ледники, которые насчитывают более 13000 с общей площадью 11146 км² и объёмом 845 км³, и занимает около 8% территории страны, которые повсеместно находятся под угрозой деградации и разрушения из-за происходящего глобального потепления климата и антропогенного воздействия. Данные по многолетней мерзлоте отсутствуют. По прогнозам, до 2050 года в Таджикистане полностью исчезнут несколько тысяч мелких ледников. Площадь оледенения страны уменьшится на 20%, а объём льда сократится на 25%.

Развитие науки о криосфере обусловлено сокращением площади и объёма ледников как источника водных ресурсов и процессов связанные с климатическими изменениями. По имеющимся данным, площадь ледников в большинстве горных систем страны уменьшается на 0,8–1,0 % в год. Самый большой в мире горный ледник Федченко за сто лет отступил на 1–1,5 км, его площадь уменьшилась на 11 км², потеряв в объёме 2 км³ льда. По климатическим прогнозам, к 2050 году средняя температура воздуха в регионе может повыситься на 1–2 градуса. Общая площадь оледенения в республике за период наблюдений с 1930 года сократилась на 30 %.

Исследование криосферы Таджикистана, в особенности его ледниковой части проводились, начиная 30-х до 90-х годов прошлого столетия различными организациями союзного значения в сотрудничестве с местными специалистами. В результате такой работы был составлен Каталог ледников СССР в двадцати томах, в котором 14 том посвящен ледникам Таджикистана. Кроме того, после тщательных исследований были отобраны тридцать эталонных ледников различных морфологических типов для регулярного мониторинга и исследований на ряде речных бассейнов -Обихингоу, Сурхоб, Мук-

су (Вахш), Зеравшан, Каратаг, Западный Памир, Вандж (Пяндж), Восточный Памир и Варзоб, на которых проводятся регулярные экспедиционные наблюдения и исследования за их состоянием и поведением [11,12].

Для развития криосферных наук правительством страны принята и реализуется Государственная программа изучения и сохранения ледников на 2010–2030 годы [13]. В рамках программы предполагается выполнение следующих задач:

- инвентаризация крупных, средних и мелких ледников Таджикистана согласно каталогу ледников;
- организация систематических наблюдений за климатом и проведение научно-исследовательских работ;
- применение новых современных технологий и передового опыта в области гляциологии;
- внедрение современных моделей в области гляциологического мониторинга;
- моделирование влияния изменений климата на ледники в период исследований;
- разработка методов адаптационных мер в области гидроэнергетики, сельского хозяйства и жизнедеятельности человека в условиях изменения климата;
- климатические наблюдения и научные исследования;
- создание информационной базы по гляциологическим объектам Республики Таджикистан и прилегающих территорий.

Создан центр изучения ледников при Национальной академии наук Таджикистана. Принят закон, связанный с криосферой, Закон «О защите ледников» [14]. Закон определяет правовые, экономические и организационные основы защиты ледников как объектов окружающей среды и стратегических источников водных ресурсов. Он регулирует общественные

отношения в области научных исследований, мониторинга и охраны ледников, а также меры государственной и международной политики по их сохранению. В Законе рассматриваются основные понятия, нормативно-правовая база, интересы государственной политики и принципы защиты ледников, а также вопросы прав собственности; функции государственного регулирования, полномочия уполномоченных государственных органов и местных исполнительных органов и органов самоуправления, а также порядок оценки воздействия хозяйственной деятельности на ледники, а также организации научных исследований, мониторинга ледников и использования результатов научных исследований, включая создание базы данных и сети наблюдений.

Реализация положений Закона «О защите ледников», в области изучения, защиты и сохранения ледников в стране, будет способствовать дальнейшему развитию научно-практических знаний, в частности, о криосфере Таджикистана.

В виду того, что ледники оказывают влияние не только на экосистемы, но и на устойчивость критически важного природного ресурса, каковыми являются водные ресурсы, значимость криосферных наук и их развитие в исследовании и сохранении ледников будет возрастать. Данный процесс должен сопровождаться применением современных технологий и средств, в том числе дистанционного зондирования Земли, на основе международного научно-практического сотрудничества.

Таким образом, дальнейшее развитие криосферных наук, в условиях современного изменения климата, станет одним из основных факторов в реализации целей и задач по изучению и сохранению ледников в Таджикистане, являющиеся основным источником формирования водных ресурсов в Центральном-Азиатском регионе.

Литература

1. Амирзода О.Х., Хакдод М.М. Душанбинский водный процесс – важный механизм реализации глобальных водных инициатив Таджикистана/ Научный журнал Водные ресурсы, энергетика и экология Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. – Душанбе, 2023, №2 (4), С. 6-13.
2. Сайт Международной конференции высокого уровня по сохранению ледников <https://dushanbeicgp2025.com/>.
3. Мельников В.П., Геннадиник В.Б. Криософия – система представлений о холодном мире // Криосфера Земли, 2011, т. XV, № 4, с. 3–
4. Мельников В.П., Геннадиник В.Б., Брушков А.В. Аспекты криософии: криоразнообразие в природе // Криосфера Земли, 2013, т. XVII, № 2, с. 3–11.
5. Джураев Т.Д., Тошев М.Т., Газизова Э.Р., Хакдодов М.М. Новая кластерная модель структуры воды/ Научный журнал Водные ресурсы, энергетика и экология Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. – Душанбе, 2023, №3 (3), С. 55-61.
6. Джураев Т.Д., Хакдод М.М. Газизова Э.Р., Тошев М.Т. Роль воды как материальной основы наследственности в живой и неживой природе/ Научный журнал Водные ресурсы, энергетика и экология Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. – Душанбе, 2024, №4 (4), С. 206-211.
7. Котляков В.М. Климатическая роль оледенения/Экология и жизнь №11, 2010
8. Шумский П.А., Кренке А.Н. Современное оледенение Земли и его изменения // Геофиз. бюлл. 1965. № 14. С. 128–158.
9. Федоров В.М. Тенденции и причины изменений климата Земли в современную эпоху: монография, электронное издание сетевого распространения. – М.: «КДУ», «Добросвет», 2018. – 978-5-7913-1069-
10. Xiaoqing Peng, Tingjun Zhang, Oliver W. Frauenfeld, Ran Du, Haodong Jin, Cuicui Mu A Holistic Assessment of 1979–2016 Global Cryospheric. <https://doi.org/10.1029/2020EF001969>.
11. Сайт Агентства гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан <https://meteo.tj/ru/-10>
12. Фролов Д.М., Кошурников А.В., Гагарин В.Е., и др. — Изучение криосферы Зеравшанского и Гиссарского хребтов (Тянь-Шань) /

- Арктика и Антарктика–2022.–№4.–С.1-10.
 13. Государственная программа изучения и сохранения ледников на 2010–2030 годы https://www.adlia.tj/show_doc.fwx?rgn=15407
 14. Закон Республики Таджикистан «О защите ледников» https://adlia.tj/show_doc.fwx?rgn=147104

ДАР БОРАИ НАҚШИ ИЛМҲОИ КРИОСФЕРА ДАР ОМУЌИШ ВА НИГОҲДОРИИ ПИРЯХҲО

Ҳақдод М.М.^{1,*}, Гулаҳмадзода А.А.¹, Ҳақдодов А.М.¹

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

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

Шарҳи мухтасар. Ба мақсади дастгирии илмҳои криосфера ва мусоидат ба ҳамкории илмӣ глобалӣ барои ҳалли масъалаҳои алоқаманд ба обшавии пиряхҳо ва тағйирёбии дар криосфера 13 августи соли 2024 Маҷмаи Умумии СММ қатънома таҳти унвони “Даҳсолаи амал барои илмҳои криосфера, 2025-2034”-ро бо пешниҳоди Ҷумҳурии Тоҷикистон ва Фаронса қабул намуд. Қабули ташаббуси мазкур бори дигар аз нақши пешсаф доштани Тоҷикистон дар пешбурди масъалаҳои обу иқлим, аз ҷумла нигоҳдории пиряхҳо дар сатҳи ҷаҳони шаҳодат медиҳад. Дар мақолаи мазкур таҳлили ҳолат ва рушди илмҳо дар бораи криосфера ва қисмҳои таркибии он барои баланд бардоштани огоҳӣ дар бораи нақши пиряхҳо, барф ва ях дар системаи иқлимӣ ва сикли гидрологӣ ва ҷораҳои амалӣ ҷиҳати ҳифзи онҳо оварда шудаанд.

Калидвожаҳо: криосфера, илм дар бораи криосфера, криология, криософия, захираҳои об, тағйирёбии иқлим, омӯзиш ва нигоҳдории пиряхҳо.

ON THE ROLE OF CRYOSPHERIC SCIENCES IN THE STUDY AND PRESERVATION OF GLACIERS

Haqdod M.M.^{1,*}, Gulahmadzoda A.A.¹, Haqdodov A.M.¹

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

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

Abstract. In order to support cryospheric sciences and promote global scientific cooperation to address the challenges of glacier melting and cryospheric changes, on 13 August 2024 the UN General Assembly adopted a resolution on the “Decade of Action in Cryospheric Sciences, 2025-2034”, proposed by the Republic of Tajikistan and France. The adoption of this initiative once again demonstrates the leading role of Tajikistan in advancing the water and climate agenda, including glacier conservation at the global level. The article provides an analysis of the state and development of cryosphere science and its components to raise awareness of the role of glaciers, snow and ice in the climate system and hydrological cycle and measures to conserve them.

Keywords: cryosphere, cryospheric science, cryology, cryosophy, water resources, climate change, glacier study and conservation.

Маълумот онд ба муаллифон. Ҳақдод Маҳмадшариф Маҳмуд - доктори илмҳои техникӣ, профессор, сарҳодими илмӣ Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. E-mail: mkhakdodov@mail.ru. Гулаҳмадзода Аминҷон Абдучаббор - доктори илмҳои техникӣ, директори Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. E-mail: agulakhmadov@gmail.com; Ҳақдодов Акбарҷон Маҳмадшарифович - унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. E-mail: hakdodovakbar@gmail.com.

Сведения об авторах. Хакдод Махмадшариф Махмуд - доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. E-mail: mkhakdodov@mail.ru; Гулаҳмадзода Аманджон Абдуджаббор - доктор технических наук, директор Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. E-mail: agulakhmadov@gmail.com; Хакдодов Акбарджон Махмадшарифович - соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, hakdodovakbar@gmail.com.

Information about the authors. Haqdod Mahmadsarif Mahmud - Doctor of Technical Sciences, Professor, Senior Researcher of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. E-mail: mkhakhodov@mail.ru; Gulahmadzoda Aminjon Abdujabbor - Doctor of Technical Sciences, Director of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. E-mail: agulakhmadov@gmail.com; Khakhodov Akbarjon Makhmadsharifovich, fellow applicant of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, hakdodovakbar@gmail.com.

УДК 551.324.64

СОСТОЯНИЕ РЕПРЕЗЕНТАТИВНЫХ ЛЕДНИКОВ ТАДЖИКИСТАНА НА ПЕРИОД 1956 - 2021 ГОДЫ

Расулзода Х.Х.^{1,*}

^{1,*}Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников Национальная академия наук Таджикистана»

*Автор-корреспондент. E-mail: hamidjon1966@mail.ru

Аннотация. В статье изложены результаты многолетних наблюдений за контрольными ледниками в бассейне реки Вахи. Интеграция наблюдательных данных с расчётными методами позволяет объективно оценить современное состояние ледников Таджикистана. Объём ледников имеет решающее значение для формирования водных ресурсов бассейна, что особенно актуально для стабильного функционирования гидроэнергетического сектора страны.

Установлена достоверная картина современного состояния контрольных ледников. На основе точных данных о среднегодовых скоростях отступления ледников в ряде речных бассейнов за годы регулярных наблюдений, а также с учётом положения языковых оконечностей ледников за последние годы, расчётными методами определены не только величины их отступления, но и особенности поведения ледников в периоды их активного развития.

Ключевые слова: ледники, динамика, наблюдения, репрезентативность, площадь, объём, длина, высота.

Введение

В 1956-58 годы в связи с Программой Международного Геофизического Года (МГГ), в ряде бассейнов рек Таджикистана (Зеравшан, Обихингоу, Сурхоб, Муксу, Каратаг, Ванч, Варзоб, на территории Восточного Памира) из общего количества ледников было выбрано ледники для проведения регулярных наблюдений, которые характерны для данного бассейна так называемые репрезентативные, или контрольные, ледники, различных типов: дендритовые, горно-долинные, каровые, долинные и другие.

На контрольные ледники начали регулярно выезжать экспедиционные отряды один раз в два-три года. А уже с конца 60 годов, и начала 70 годов с использованием вертолётов до 1991 года, наблюдения за контрольными ледниками начали

проводиться ежегодно. За этот период был накоплен значительный материал о характере поведения контрольных ледников различных типов. При обработке контрольного ледника того или иного типа, появилась возможность составить графики состояния обследуемого ледника. То есть, наступает или отступает тот или иной ледник. Поскольку однотипные ледники, расположенные в одном бассейне, получают одно и то же количество твёрдых осадков, подвержены они одному и тому же температурному воздействию. Расположены они на высотах практически равных соседствующим ледникам, а также однотипным значениям экспозиций ледников, появилась предпосылка к созданию расчётной модели состояния остальных ледников, расположенных в данном бассейне. В эти же годы на ряде

репрезентативных ледников различных бассейнов проводились гляциологические работы по программе 2 класса. Экспедиционными отрядами проводились наблюдения за ледниками в течении двух-трёх месяцев, каждого полевого сезона, на протяжении двух-трёх лет. В программу этих работ входили гидрологические, метеорологические, актинометрические и другие наблюдения, которые позволяли производить расчёты по абляционным и сублимационным процессам, изучать величину стока рек, берущих начало из обследуемых ледников и получать ряд других гидрометеорологических значений. Начиная с 1992 года, по ряду объективных причин, наземные экспедиционные обследования ледников прекратились. Только в 2000-2005 годах начали проводиться наблюдения за контрольными ледниками, которые продолжаются по настоящее время. Но и эти наблюдения носят нерегулярный и раздробленный характер.

Проведённые работы позволили расчётными методами установить истинную

картину состояния контрольных ледников на настоящий период времени. Конкретно зная среднегодовые скорости отступления ледников ряда бассейнов рек за годы регулярных наблюдений и определив границу языковых оконечностей ледников за последние годы, было установлено расчётными методами не только величины отступления ледников, но и их поведение в годы активного состояния. Ряды контрольных ледников, расположенных в бассейне реки Муксу были обследованы с борта вертолёта в 2009 и 2020 годах. И по характерным признакам поведения их языковых зон было определено их состояние не только отступления, но и активизации за последний период времени.

Ледники бассейна реки Обихингоу

1. Ледник Гармо

Ледник Гармо расположен в верховьях реки Гармо, одной из составляющих реки Обихингоу.

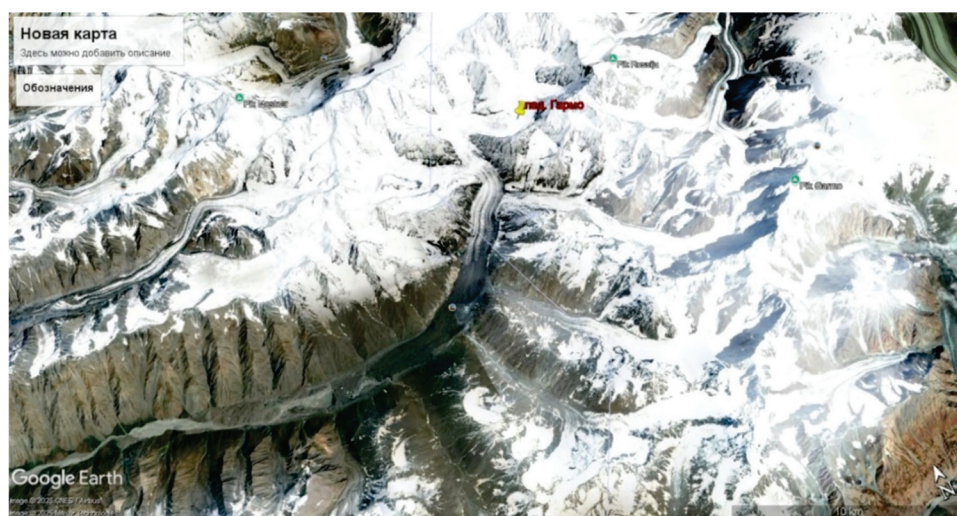


Рисунок 1. Географическое положение ледника Гармо.

Правый берег реки Гармо составляют отроги хребта Гармо, левый берег – отроги хребта Пашимгарм. Верхняя зона бассейна реки – это зона отрогов хребта Академии Наук. Тип ледника сложно долинный. По данным [1] длина ледника составляла 30.4 км, площадь 114.6 км².

Нижняя граница ледника находилась на абсолютной отметке 2970 м. Верхняя граница – 3840 м. За период с 1977 г. по 1991 г. общее отступление ледника составило 950 метров [2], по результатам экспедиционных обследований 2021 г. общее отступление ледника составило 6.6 км [3].

Соответственно уменьшилась и площадь ледникового тела на 4.6 км^2 . В настоящее время площадь ледника составляет 110.0 км^2 . Длина ледника на настоящий период составляет 23.8 км . Столь значительное отступление языка ледника объясняется отчленением значительных площадей ледника от основного ствола ледника из-за вклинивания в ледник ручьёв-притоков, бывших ледников притоков, как левого борта ледника, так и с правого, которые разрезали ледник на участки так

называемого, «мёртвого льда». В настоящее время на пойме реки Гармо остались небольшие островки «мёртвого льда», покрытые моренными отложениями. На пойме реки видны остатки ледниковых озёр, которые, судя по всему, исчезнут в ближайшее время.

2. Ледник Скогач

Долинный ледник Скогач расположен в районе нижнего течения левого берега реки Бохуд, составляющей реки Обихингоу.



Рисунок 2. Географическое положение ледника Скогач.

Своё начало ледник берёт со склонов Мазарского хребта. По данным [1] длина ледника составляла 12.0 км . Площадь ледника составляла 12.6 км^2 . Нижняя зона залегания языка ледника находилась на абсолютной отметке 3050 м , верхняя зона залегания – 5250 м . За период с 1970г. по 1991г. скорость отступления ледника составляла $5\text{--}7$ метров в год. Экспедиционные наблюдения, проведённые в 2008 г. показали, что скорость его отступления несколько увеличилась [4]. По расчётным данным, всего за весь период наблюдений ледник отступил на 500 метров. Длина ледника на 2020 год составляет 11.5 км . При этом отмечена тенденция к понижению поверхности ледника до 0.8 м в год в его языковой части. Площадь стаявшего

го льда, по расчётным данным, составила 0.9 км^2 . По аэровизуальным наблюдениям отметилось и понижение поверхности ледника в его нижней зоне. Понижение его поверхности по расчётным данным составило в нижней зоне $8\text{--}9 \text{ м}$.

3. Ледник Мазарский

Сложный долинный ледник Мазарский расположен в верховьях реки Обимазар, одной из составляющей реки Обихингоу.

Своё начало ледник Мазарский берёт на стыке хребтов Мазарского и Дарвазского. Длина ледника по данным [1] составляла 16.8 км . Общая площадь ледника составляла 23.0 км^2 . Низшая точка залегания ледника находилась на абсолютной отметке 3200 м . Высшая точка ледника

расположена на абсолютной отметке 5400 м. За период наблюдений с 1967 г. по 1991 г. (24 года) ледник отступал в среднем на 16 м в год. Ледник отступил за этот период на 380 метров [5]. К 2020 году (29 лет) ледник отступил, по расчётным данным, ещё на 480 метров. В настоящее время величина отступления языковой части ледни-

ка составляет 860 метров. Длина ледника составляет 15.5 км. Площадь стаявшего льда на 2020 год составила по расчётным данным 1.5 км². В настоящее время, общая площадь ледника составляет 21.5 км². Объём стаявшего льда по расчётным данным составляет 0.5 км³.



Рисунок 3. Географическое положение ледника Мазарский.

Ледники бассейна реки Сурхоб

1. Ледник Кызылкуль

Долинный ледник Кызылкуль расположен на северных склонах хребта Петра

Первого и его воды впадают в левобережную часть реки Сурхоб у верхней окраины райцентра Таджикабад.

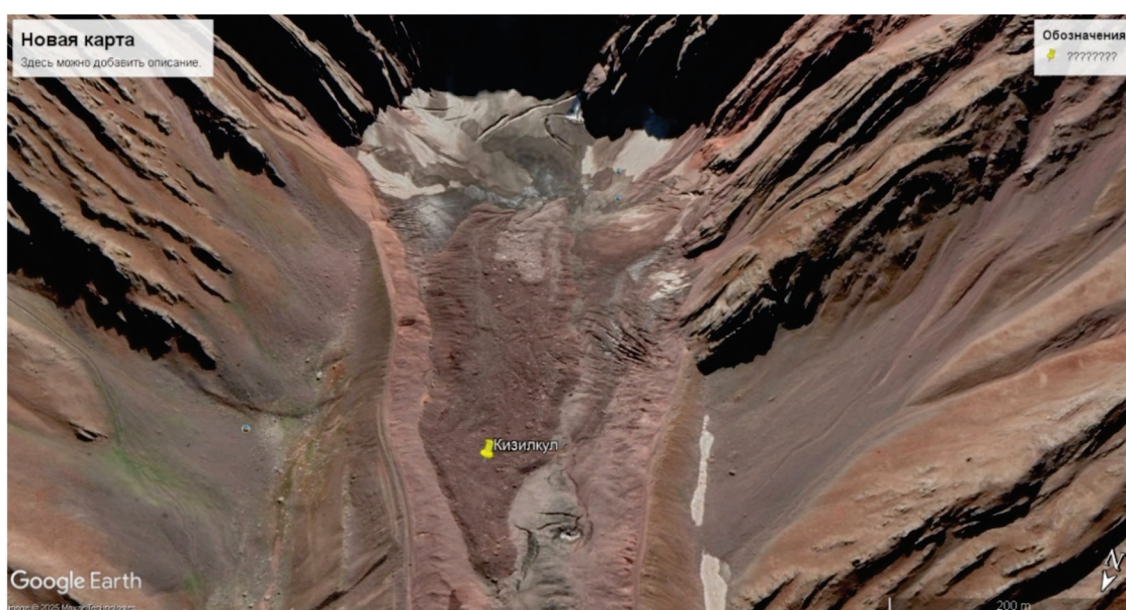


Рисунок 4. Географическое положение ледника Кызылкуль.

За весь период наблюдений (1973-1991 гг. ледник имел тенденцию близкую к стационарному состоянию. Отступление ледника по данным экспедиционных обследований составляло 3-5 метров в год [5]. И эти данные наблюдались лишь в отдельные периоды наблюдений и наблюдались крайне редко. Вызывалось это отступление недостаточным поступлением ледовых масс, питающих основное тело ледника из-за обрушения присклоновых и висячих ледников, расположенных в истоках ледника Кызылкуль на высотах 3800-4400 метров над у.м. В случаях обрушения ледовых масс на тело ледника отмечалось увеличение массы ледника в его стволовой части. То есть повышение ледниковой поверхности ледника, раздробление ледовых масс в его языковой части. По данным экспедиционных наблюдений, проведённых в июле 2019 года, отметилось, что в верхней зоне ледника на расстоянии 2.5-3 км от его языковой части в районе смыкания тела ледника с зоной обрушения ледовых масс, поверхность ледника

значительно понизилась. Образовалась даже ложбина, которая резко отличается своими размерами от массы льда, находящегося в районе основного ствола ледника близкого к языку ледника. По высоте зона ложбины ледника находится на 10-15 метров ниже основного ствола ледника. Очевидно, в последнее десятилетие произошло обрушение ледовых масс от присклоновых и висячих ледников, которое повысило поверхность основного ствола ледника на несколько метров. Но затем поверхность зоны ложбины резко понизилась, образовался перегиб и питание основного ствола ледника прекратилось. В результате этого обрушения изменилось местоположение гротовой части ледника, образовались мелкие гроты. В целом, по всем этим косвенным данным о леднике Кызылкуль, можно судить, что он находится в стадии отступления.

2. Ледник Дидадь

Пульсирующий ледник Дидадь расположен на северных склонах хребта Петра Первого.

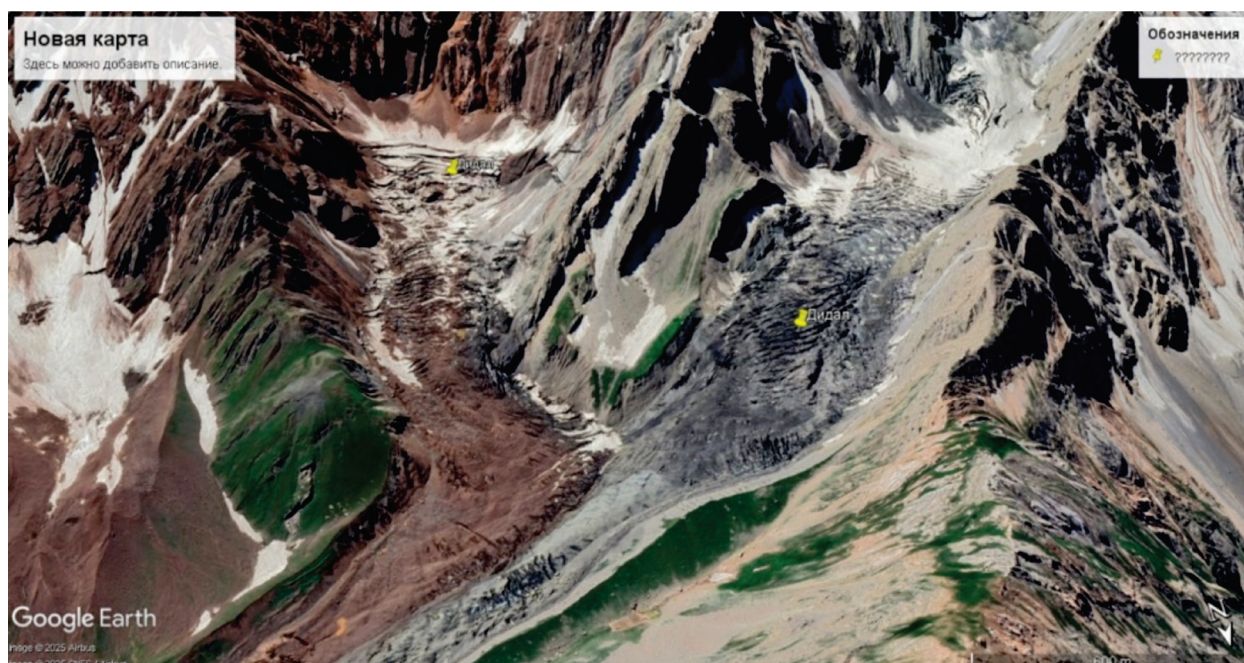


Рисунок 5. Географическое положение ледника Дидадь.

В настоящее время находится в стадии отступления после пульсации, произошедшей в 2016 году. По сравнению с пуль-

сацией 1974 года длина пробега ледовых масс во время последней пульсации была значительно короче и составила около

2.2 км от зоны зарождения пульсации на высотах 3700-3900 м до срединной части залегания ледника и точке остановки спульсированных масс льда [6]. Площадь вынесенной массы льда составила 0.044 км². Объём вынесенной массы льда составил, по расчётным данным, 0.0015 км³.

3. Ледник № 507

Ледник долинного типа № 507 расположен на северном склоне хребта Петра Первого в истоках реки Шурак Восточный.

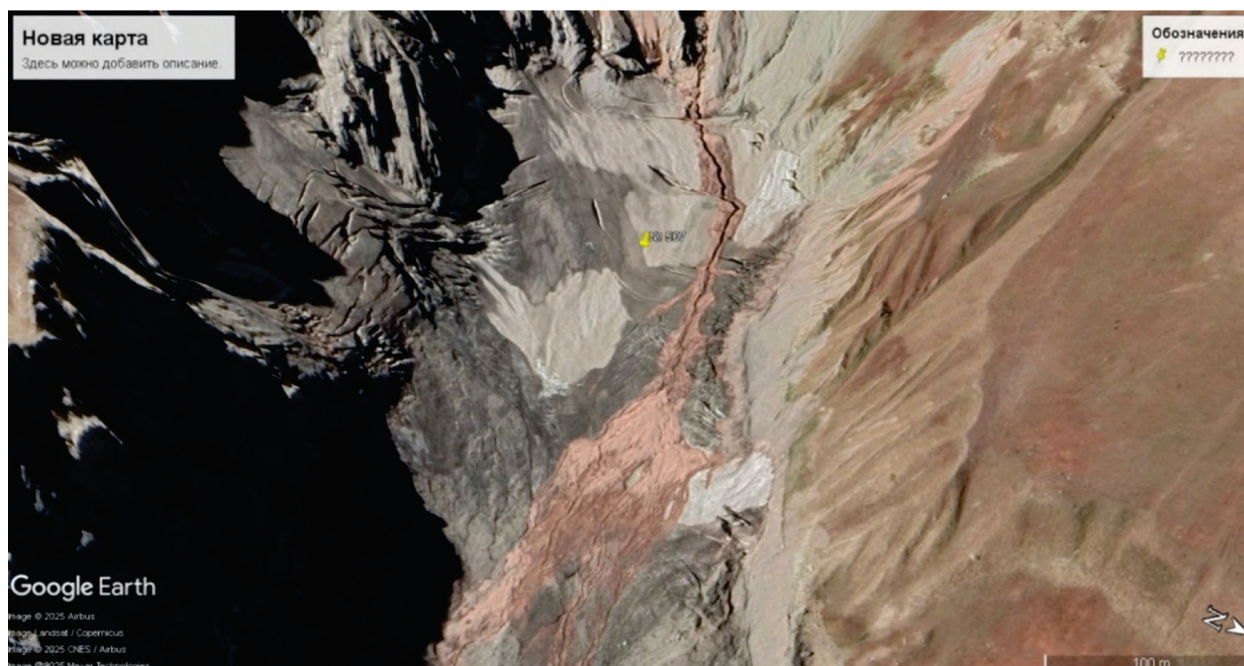


Рисунок 6. Географическое положение ледника № 507.

Длина ледника составляет 2.2 км, площадь 0.7 км². Ледник оканчивается на высоте 2800 м. За прошедший период наблюдений (1974-1989 гг.) ледник находился в стадии отступления [7]. В среднем ледник отступал на 5-7 метров в год. При этом отмечалось понижение его поверхности. На момент обследований она составляла 2-3 метра в год. Но нередко за весь период наблюдений на тело ледника происходили обрушения ледовых масс ледников, расположенных в соседних ущельях и являющимися как бы ледниками-притоками основного ледника, но не впадающими в основное тело ледника. Обрушения этих ледовых масс нередко увеличивали объём основного ледника №507, но спустя два три года ледовые массы полностью растаивали. В целом, состояние ледника можно отметить как состояние отступления.

4. Ледник № 517

Ледник № 517 расположен на северном склоне хребта Петра Первого в бассейне безымянного левого притока реки Сурхоб.

Ледник долинного типа. Длина его 2.9 км, площадь 0.8 км². Язык ледника оканчивается на высоте 2320 м. За весь период наблюдений (1973-1989 гг.) ледник находился в стабильном состоянии. В отдельные годы наблюдений ледник отступал на 2-3 метра в год. В определённые периоды времени ледник приходил в состояние наступания и продвигался на 3-5 метров за год в течение 3-4 лет. Но затем вновь начинал отступать. В настоящее время ледник, по расчётным данным, отступил на 250 метров и его площадь сократилась на 0.2 км² по сравнению с 1989 годом.

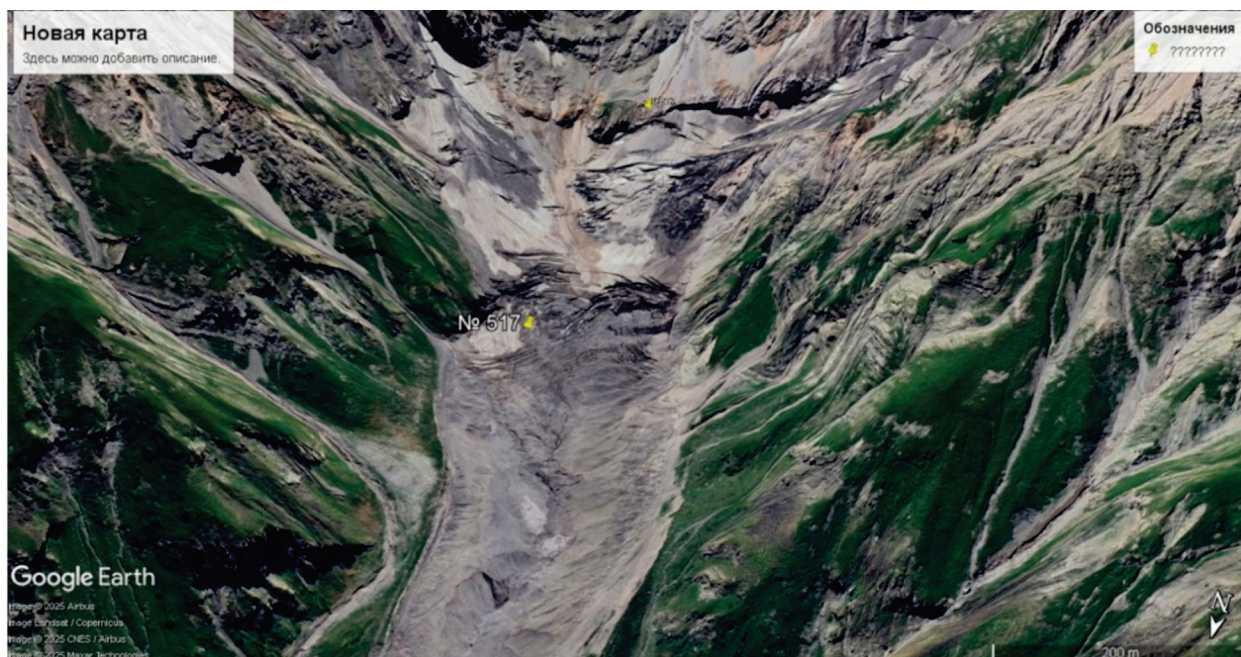


Рисунок 7. Географическое положение ледника №517.

Ледники бассейн реки Муксу

1. Ледник Федченко (Ванчях)

Дендритовый ледник Федченко залегает в зоне, окружённой хребтами Кыз-Кур-

ган, Арал, хребта Высокая стена, хребта Язгулёмского и хребта Академии Наук.



Рисунок 8. Географическое положение ледника Федченко.

По данным [8] бассейн реки Муксу длина всего ледника составляла 77 км. Площадь всего ледника равнялась 156

км². Объём ледника составлял 93.600 км³. Низшая точка залегания языка ледника 2900 м. Высшая точка залегания ледника

составляет 6280 м. За период наблюдений за состоянием ледника с 1933 по 1988 годы площадь стаявшего льда составила 3.9 км². За период наблюдений с 1933 по 1957 годы (24 года) скорость отступления ледника составляла 44 метра в год. По расчётным данным ледник за эти годы отступил на 1056 метров. С 1957 года по 1988 год (31 год) скорость отступления ледника понизилась и составила 20 метров в год. В итоге ледник отступил ещё на 620 метров. По расчётным данным и по экспедиционному обследованию ледника, проведённому в 2016 году [9], ледник отступил, по сравнению с 1988 годом, ещё на 500 метров. Общая величина отступления ледника составила 2.5 км. Площадь стаявшего льда, по расчётным данным, составила за этот период времени 3.7 км². На 2020 год длина ледника Федченко составляла 74.5 км. Площадь ледника составляла 152.3 км². Объём ледника на период 2020 г. составлял 90.7474 км³. В 2014 по данным космических наблюдений и по аэровизуальным наблюдениям, проведённым в 2016 году, отмечилось увеличение объёмов ледовых масс и подвижки левобережных ледников-притоков ледника

Федченко: ледника Бивачный, и его левобережных притоков, ледников Ошанина, Калинина и ряда других. Все эти ледники, притоки ледника Бивачного резко повысили высоту поверхности ледника Бивачного на 10-15 метров. В результате этого узел сочленения ледника Бивачного с ледником Федченко повысился в целом, по результатам экспедиционных обследований и аэровизуальных наблюдений, на 20-40 метров. В этом районе исчезли все ледниковые озёра, практически исчезла морена на леднике Бивачный. Поверхность сочленения стала представлять собой нагромождение ледовых блоков, с трещинами раскола. Это свидетельствует об активизации ледовых процессов в этом районе, накоплении ледовых масс и предполагаемом влиянии этой активизации на состояние языковой части ледника Федченко. То есть, о возможном продвижении языка ледника Федченко на расстояние 200-300 метров вниз по долине реки Муксу.

2. Ледник Мушкетова

Сложно долинный ледник Мушкетова расположен на северном склоне хребта Академии Наук.

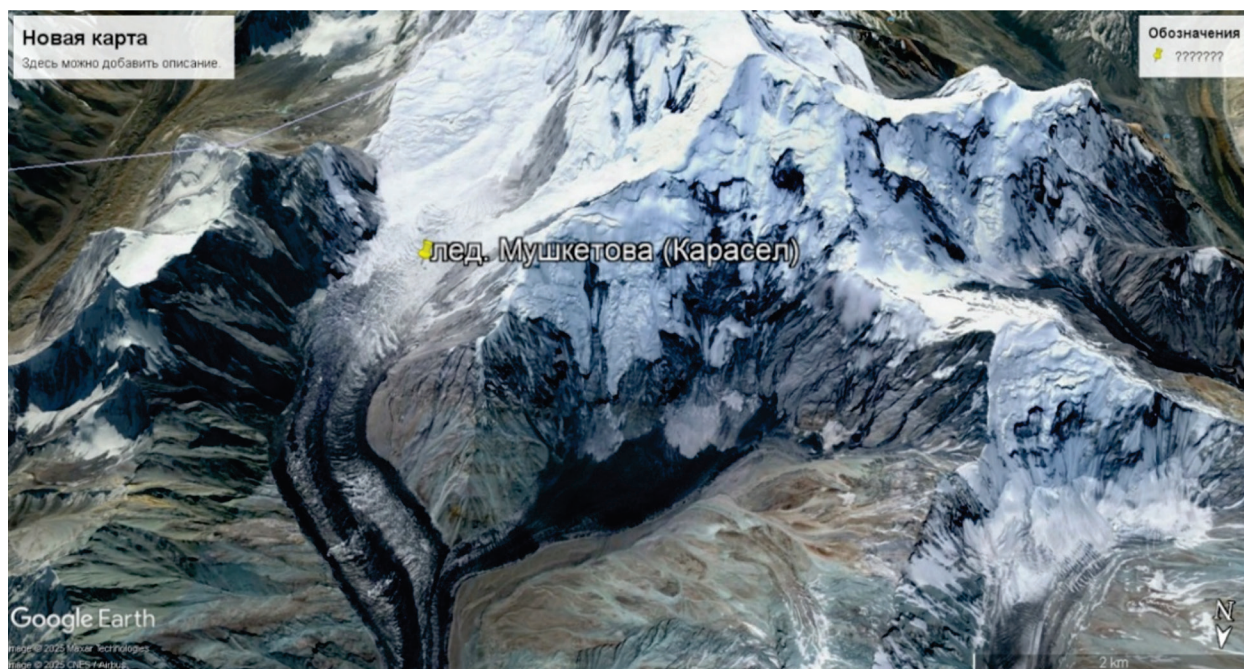


Рисунок 9. Географическое положение ледника Мушкетова.

По данным [8] Бассейн реки Муксу. Ленинград. Гидрометеиздат 1979 г.» ледник имел длину 14 км и общую площадь оледенения 17.1 км^2 . Объём ледника составлял 1.9092 км^3 . Конец языка ледника залегает на высоте 2870 м. Верхняя зона ледника залегает на высоте 7100 м. За период с 1977 по 1991 годы ледник находился в стадии стационарного покоя и стадиях наступания. Скорость наступания составляла 3-5 метров в год. По данным аэровизуальных наблюдений, проведённых в 2009 году, ледник находился в стационарном состоянии. Языковая часть ледника находилась в районе его границы 1991 года. По данным аэровизуальных наблюдений, проведённых в 2020 году, отмечены следы отступления ледника, язык ледника стал похоже и втянулся вглубь

ущелья, практически достигнув скального створа-выступа границы выхода языка ледника в долину реки Муксу. По расчётным данным, по сравнению с данными обследований проведённых в 1991г., на 2020 год (аэровизуальные наблюдения) ледник отступил на 400 м (см табл1). По состоянию 2021г. длина ледника составляет 13.6 км. Площадь ледника составляет 16.8 км^2 . Объём ледника составляет 1.8592 км^3 .

3. Ледник Хадырша

Долинный ледник Хадырша расположен на левом берегу реки Муксу и берёт своё начало из цирка, расположенного на северо-восточных склонах хребта Академии Наук. По данным «Каталога ледников СССР Т. 14 Вып 3 часть 8 Бассейн реки Муксу» длина ледника составляла 6.3 км. Общая площадь составляла 5.3 км^2 .

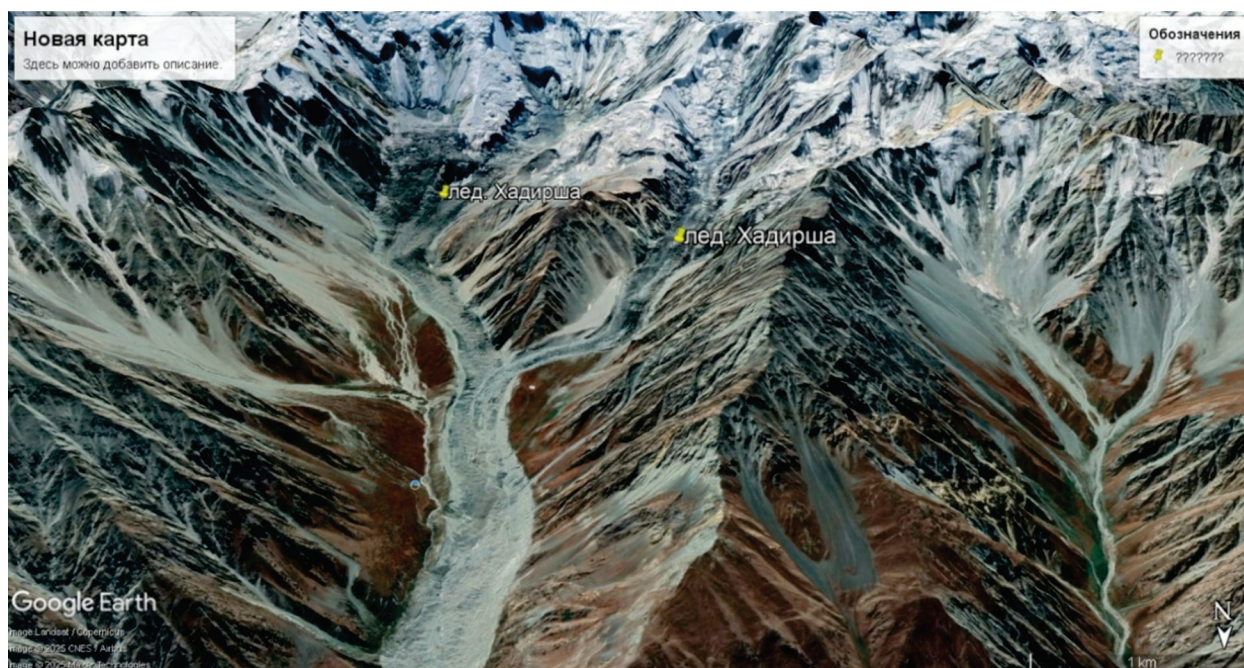


Рисунок 10. Географическое положение ледника Хадырша.

Объём ледника составлял 0.0231 км^3 . Нижняя часть ледника располагалась на высоте 2600 м. Верхняя точка ледника расположена на высоте 5800 м. За период наблюдений 1977-1991 гг. ледник находился в стадии наступания. Скорость наступания его фронтальной части составляла 3-5 метров в год. При этом отмечалось повышение поверхности ледника

по всему телу, начиная от языка ледника до самых его верховьев. В нижней части ледника поднятие уровня поверхности составляло 1-2 метра в год. При этом отмечалось увеличение языка ледника. Он стал более крутым и на конечной части языка наблюдались многочисленные поперечные трещины. В верхней части ледника поднятие поверхности состав-

ляло 2-3 метра в год. По данным аэровизуальных наблюдений, проведённых в 2009 г. и в 2020 г. было отмечено отступление языковой части ледника. Отступление было обнаружено по ряду косвенных признаков: выполаживание его языковой части, следы моренных отложений в районе зоны отступления языка, понижение его поверхности относительно береговой морены, где располагаются репера поперечных створов. Понижение поверхности ледника особенно сильно заметно в его

конечной части. Расстояние отступления ледника от его последней границы 1991 года, по расчётным данным, составляет примерно 80-100 метров. На период 2020 г. длина ледника составляла 6.0 км. Площадь ледника составляла 5.3 км². Объём ледника составляет 0.03294 км³.

4. Ледник Шагазы

Сложный долинный ледник Шагазы, расположен в боковом ущелье хребта Академии Наук.



Рисунок 11. Географическое положение ледника Шагазы.

По данным [8], длина ледника составляла 7.9 км. Общая площадь составляла 6.2 км². Объём ледника составлял 0.4168 км³. Нижняя точка языка ледника расположена на высоте 2980 м. Верхняя точка ледника расположена на высоте 4870 м. За период наблюдений 1977-1991 гг. ледник находился в стадии стационарного состояния. Только в отдельные годы отмечалось наступание его языковой части, и по результатам геодезических съёмок наступание ледника составляло 2-3 метра в год. Но по прошествии небольшого промежутка времени в 3-4 года, ледник начинал отступать примерно, в таком же режиме, что и в период активизации.

По данным аэровизуальных наблюдений, проведённых в 2009-2020 гг. отмечалось, что ледник находится в стадии отступления. Язык ледника втянулся в долину ущелья, стал положе. Отметились выположенные участки площадей конечной морены, оставленные ледником за период отступления [10]. По расчётным данным, величина отступления языковой части ледника составила 120-150 метров. При этом площадь стаявшего льда составила 5-6 тысяч квадратных метров. На период 2020 г. длина ледника составляла 7.6 км. Площадь оледенения составляла 5.8 км². Объём ледника составлял 0.3771 км³.

5. Ледник Музгазы

Долинный ледник Музгазы располо-

жен на северных склонах отрогов хребта Академии Наук.



Рисунок 12. Географическое положение ледника Музгазы.

Длина ледника составляет 10.7 км. Общая площадь составляет 15.6 км. кв. Объём ледника равен 1.6636 км. куб. Низшая точка ледника располагается на высоте 3280 м. Высота его верхней границы расположена на высотах 5340 м. За период наблюдений 1974-1991 гг. ледник находился в стационарном состоянии. В отдельные годы экспедиционных наблюдений 1974, 1977, 1982, 1984, 1986 гг. ледник проявлял некоторую активность, которая выражалась в скорости увеличения наступания его языковой части на 2-3 метра в год. Затем наступание прекращалось и ледник находился в стадии стационарного состояния. Во время проведения аэровизуальных наблюдений 2009-2020 гг. отметилась

стадия устойчивого отступления ледника. По расчётным данным отступление ледника за период 1991-2020 годы (29 лет) составило 680 метров по всему фронту языка ледника. Изменилось местоположение его грота. Грот передвинулся на 20-30 метров ближе к левобережной части языка ледника. В районе пригровой части ледника и по всему фронту языка ледника отмечены площади конечной морены. Язык ледника стал более выположен и в районе обнажённого льда не отмечено ледовых трещин. По расчётным данным на 2020 г. длина ледника составляла 10.0 км. Его площадь составляла 14.9 км². Объём ледника равнялся 1.4447 км³.

Таблица 1. Изменения длины и площади ледников бассейна реки Вахш

Наименование ледников	Длина (км)		Изменение	Площадь км²		Изменения
	1978	2020	+	1978	2020	+
			-			-
Ледники бассейна реки Обихингоу						
Гармо	30,4	23,8	-6,6	114,6	110,0	-4,6

Скогач	12,0	11,5	-0,5	12,6	0,9	-2,7
Мазарский	16,8	15,5	-1,3	23,0	21,5	-1,5
Ледники бассейна реки Срхоб						
Кизылкул	2,8	2,4	-0,4	0,9	0,7	-0,2
Дидал	4,8	3,9	-0,9	1,6	1,3	-0,3
507	2,2	1,5	-0,5	0,7	0,4	-0,3
517	2,9	2,65	-0,25	0,8	0,6	-0,2
Ледники бассейна реки Муксу						
Федченко	77,0	74,5	-2,5	156	152,3	-3,7
Мушкетова	14,0	13,6	-0,4	17,1	16,8	-0,3
Хадырша	6,3	6,0	-0,3	5,3	5,3	0
Шогазы	7,9	7,6	-0,3	6,2	5,8	-0,4
Музгазы	10,7	10,0	-0,7	15,6	14,9	-0,7

Выводы

Анализ проведённых работ по состоянию репрезентативных, (контрольных) ледников Таджикистана с момента начала регулярных наблюдений 1956-1960 гг. по 2021 г. Показал, что практически все контрольные ледники, расположенные в бассейнах рек Таджикистана (основных узлах оледенения), находятся в стадии отступления. Происходят процессы сокращения площадей ледников, отступления их фронтальных частей (языков), понижения уровней их поверхностей и, естественно, уменьшение объёма ледовых масс. Отступление ледников, расположенных в различных бассейнах рек, неоднородно и отличается друг от друга. Объясняется этот процесс зависимостью от климатических характеристик местоположения бассейна рек, высотных зон расположения ледников, их экспозиций, количества выпадающих осадков в бассейнах рек, где расположены ледники и другими факторами.

В сокращении длины ледников, уменьшении их площадей и объёмов, большую роль играют так называемые «распилы» основного ствола ледника его боковыми притоками. В результате «распила» от основного ствола ледника, преимущественно в его конечной части, отчленяются значительные по площади и объёму участки так называемого «мёртвого

льда». Эти участки отчленившегося от основного тела ледника «мёртвого льда» ещё функционируют некоторое время. Продолжается поступление воды в реку, берущую своё начало из области своего питания. Но в зависимости от площади отчленившейся части ледника, его заморенности и величины объёма эти участки существуют, как правило, в течение 5-7 лет. В дальнейшем эти участки «мёртвого льда» стаивают, уменьшаются в объёме, их моренные плащи выколаживаются и на пойме реки, где залегал ледник, с течением времени начинает произрастать травянистая и древесно-кустарниковая растительность. В конечном итоге, образуется своеобразный ландшафт, ничем не напоминающий ландшафт, ледникового массива.

В зависимости от морфологического типа ледников характерны особенности скорости их отступления. Сокращение площадей каровых ледников по данным анализа, проведённого за контрольными ледниками, происходит гораздо медленнее, нежели долинных или других типов ледников. Поскольку каровые ледники расположены в котловинных областях горного рельефа и, зачастую, залегают в тени окружающих их скал, вершин или отрогов хребтов. Наиболее подвержены процессам отступления долинные ледники,

а также присклоновые ледники (или ви-сячие ледники). Последние, как правило, лишены обширных зон снеголавинного питания и подвержены ветровому сдвигу снежных масс со своих тел.

Как уже было отмечено, по данным аэровизуальных наблюдений, проведённых в 2016 г., на высотах 3500-3700 м в районе слияния ледника Бивачный и его сочленения с ледником Федченко отмечилась активизация притоков этих ледников: Ошанина, Калинина и других. Наблюдалось повышение поверхностей их тел на 8-10 метров, образование зон разломов, трещин на телах этих ледников, которые не наблюдались во время экспедиционных работ, проводимых в 1989 г. Поверхность ледника Бивачного поднялась по сравнению с 1989 г. на 15 метров. Резко сократилась площадь моренных отложений в зоне сочленения ледника Бивачного с ледником Федченко.

Всё это говорит о активизации ледников, расположенных на высотах выше 4400-4700 м. В виду того, что за последние десятилетия отмечена тенденция к изменению климата как в глобальном масштабе, так и в масштабах территории Таджикистана, необходимо наладить получение достоверных данных о современном состоянии ледников Республики Таджикистан и определить тенденцию их развития, т.к. вода, поставляемая этими ледниками в речную сеть, имеет большое значение для производства электроэнергии.

Литература

1. Восидов Ф.К., Курбонов Н.Б., Митусов А.В., Халимов А.М. Дистанционный мониторинг

подвижка ледника Русского географического общества в условиях изменения климата // Материалы VIII Международной научной конференции «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли». - Красноярск, 2021. - С.155-161.

2. Долгушин Л.Д., Осипова Г.Б. Ледники // Книга. М.: Мысль, 1989. -240 с.
3. Канаев Л.А. Белые молнии гор. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. -160 с.
4. Каталог ледников СССР // Каталог. -Т. 14: Средняя Азия. - Вып. 3: Амударья. - Л.: Гидрометеиздат, 1978 г.
5. Комплексная гляциологическая экспедиция на леднике Федченко // Материалы экспедиции 1957 года, организованной Академией наук Узбекской ССР, посвященные изучению ледника Федченко - крупнейшего центра современного оледенения Памира.
6. Курбонов Н.Б. Климато-географический анализ влияния температурного режима на деградацию ледников бассейна реки Зерафшан // География и водные ресурсы, 2022. - №3. - С.15-25.
7. Курбонов Н.Б., Восидов Ф.К., Мирзохонова С.О., Халимов А.М. Процесс деградации ледников верховья бассейна реки Зерафшан в условиях современного изменения климата // Наука и инновация. Серия геологических и технических наук, 2019. - №2. - С.58-67
8. Курбонов Н.Б., Маджиди М., Пиров А.У., Хакбердиев Х.М., Боев Б.М. Репрезентативный анализ состояния ледников бассейна реки Вахш на период 1956-2021 гг. // Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология», 2023. - Т.3. - №1. - С.56-63.
9. Курбонов Н.Б., Норматов П.И. Мониторинг метеорологических условий и их влияние на состояние ледников бассейна реки Зерафшан // Известия ВУЗов (Кыргызстан), 2015. - №4. - С.82-86.
10. Ледник Федченко // Книга. Т. 1. -Ташкент: Фан, 1962. -302 с.

ҲОЛАТИ ПИРЯХҲОИ НАЗОРАТИИ ТОҶИКИСТОН ДАР ДАВРАИ СОЛҲОИ 1956-2021

Расулзода Х.Х.^{1,*}

^{1,*}Муассисаи давлатии илмӣи «Маркази омӯзиши пирахҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон»

*Муаллифи масъул. E-mail: hamidjon1966@mail.ru

Шарҳи мухтасар. Дар мақола натиҷаҳои мушоҳидаҳои дарозмуддати пирахҳои назоратӣ дар ҳавзаи дарёи Ваҳш пешниҳод шудаанд. Омезиши маълумоти мушоҳидавӣ бо усулҳои ҳисобӣ имконият медиҳад, ки ба вазъи кунунии пирахҳои Тоҷикистон ба таври объективӣ баҳо дода шавад. Ҳаҷми пирахҳо дар ташиқули захираҳои оби ҳавза нақши ҳалкунанда мебозад, ки барои фаъолияти устувори соҳаи гидроэнергетикаи кишвар аҳамияти махсус дорад. Манзараи бозғамии вазъи кунунии пирахҳои назоратӣ муайян карда шудааст. Дар асоси маълумоти дақиқ оид ба суръати миёнаи солони ақибнишинии пирахҳо дар як қатор ҳавзаҳои дарёҳо дар тӯли солҳои мушоҳидаи мунтазам ва бо дарназардошти мавқеи кунунии нӯги забонҳои пирахҳо, усулҳои ҳисобӣ на танҳо андозаи ақибнишинии онҳо, балки хусусиятҳои рафтори пирахҳоро дар марҳилаҳои фаъолияти онҳо низ муайян карданд.

Калидвожаҳо: пирахҳо, динамика, мушоҳидаҳо, репрезентативӣ, майдон, ҳаҷм, дарозӣ, баландӣ.

STATE OF REPRESENTATIVE GLACIERS OF TAJIKISTAN FOR THE PERIOD 1956-2021

Rasulzoda H.H.^{1,*}

^{1,*}“Center for Glacier Studies of the National Academy of Sciences of Tajikistan”

*Corresponding author. E-mail: hamidjon1966@mail.ru

Abstract. The article presents the results of long-term observations of reference glaciers in the Vakhsh River basin. The integration of observational data with computational methods allows for an objective assessment of the current state of Tajikistan's glaciers. Glacier volume plays a crucial role in shaping the basin's water resources, which is particularly important for the stable operation of the country's hydropower sector. A reliable picture of the present condition of the reference glaciers has been established. Based on accurate data on the average annual rates of glacier retreat in several river basins collected over years of regular observations, and by accounting for the position of glacier tongues in recent years, computational methods have been used to determine not only the extent of glacier retreat but also their behavior during periods of increased activity.

Key words: glaciers, dynamics, observations, representativeness, area, volume, length, height.

Маълумот дар бораи муаллиф: Расулзода Х.Х. - номзоди илмҳои техникӣ, ходими пешбари илмӣи МДИ «Маркази омӯзиши пирахҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон» Тел.: +992985496666; Email: hamidjon1966@mail.ru

Сведения об авторе: Расулзода Х.Х. – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ГНУ «Центр изучения ледников национальная академия наук Таджикистана». Тел.: +992985496666; Email: hamidjon1966@mail.ru

Information about the author: Rasulzoda H.H. – Doctor of Philosophy, leading researcher of the State Scientific Institution “Center for Glacier Studies of the National Academy of Sciences of Tajikistan”, Phone: +992985496666; Email: hamidjon1966@mail.ru.

РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ У ИСТОКОВ ГОРНЫХ РЕК ТАДЖИКИСТАНА

Маджидов О.Ш.^{1*}, Муртазаев У.И.¹¹*Национальная академия наук Таджикистана Отдел географии и дистанционного зондирования

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

Аннотация: Русловые процессы проявляются во всех реках. Расширение дна долины, врезание, аккумуляция и проявление поймы в высокогорьях в результате русловых деформаций – итог воздействия климатических факторов на ледники. Накопление наносов в руслах высокогорных рек при таком темпе может привести к поднятию дна речных долин, что вызовет рост площадей высокогорных пойм в руслах рек и появление высокогорных плоскогорий.

Ключевые слова: Русла, реки, ледники, приток, наносы, сели, долины.

Введение

Таджикистан – горная страна и истоки всех ее рек берут своё начало с ледников, лежащих на хребтах высоких гор. Реки бывают от самых малых до средних и больших и располагаются в диапазоне высотных отметок от 298 до 7495 м абс. Около половины территории республики находятся на высотах выше 3000 м. абс., где горы занимают 93% территории страны [1].

Из-за сложности рельефа, труднодоступности и опасности для посещения и исследования (особенно в периоды половодья, паводков, схода лавин, атмосферных осадков и иных природных явлений, от которых в значительной степени зависят характер и интенсивность русловых процессов на горных реках) на территории горных стран русловые процессы остаются малоисследованными.

Другой причиной малоисследованности русловых процессах является то, что до последнего времени основное внимание ученые и практики уделяли изучению, описанию и освоению больших и средних рек, имеющих первостепенное значение в хозяйственной, транспортной, рекреационной, экологической и других сферах деятельности человека. Малые реки остались в стороне от этого, хотя они являются истоками больших и средних рек

Несмотря на имеющиеся достаточно обширные материалы по русловым процессам некоторые реки Таджикистана остаются слабоизученными, сведения в литературе о них очень скудны, разрознены или вовсе отсутствуют.

Реки подразделяются по протяженности [2, 3], водности (среднегодовому расходу) и т.д.

К примеру, по протяженности, реки Таджикистана относятся к средним (длинной до 500 км) и малым (длиной до 100 км), основную часть которых составляет малые реки.

Чалов Р.С., в своей работе по русловым процессам [4], указывает, что иногда водотоки носят временный, но бурный характер (сайи), особенно в горных районах после дождевых ливней, во время таяния снегов или речных паводков.

Именно эти временные сайи (водотоки) играют важную роль в развитии русловых процессов в горных реках.

При этом величина водосбора в горной части не играет важной роли в образовании стока. Это объясняется тем, что вертикальные градиенты факторов стока во много раз больше горизонтальных (широтных) [5].

Как известно, основами формирования стока являются климатические, орографические, иные физико-географические факторы [6], а также характер подстилающей поверхности.

Результаты длительного формирования русла и создающиеся им такие характерные параметры, как ширина, кривизна, глубина и распределение наносов, тесно связаны с соответствующими гидравлическими элементами реки – расходом, скоростью, уклоном, турбулентностью и влекущей силой потока [7].

О скорости врезания рек в Средней Азии, на Кавказе и других горных районах, геоморфолог Никонов А.А. собрал большое количество данных [8]. Им подчёркивается, что скорость врезания в горных реках значительно выше, чем горизонтальная деформация. Эту версию подтверждают исследования, проведённые С. К. Хакимовым [9].

Основная роль в формировании горного аллювия принадлежит климату, который определяет характер уклона русла, расход воды, скорость течения, гидродинамику потока и особенно турбулентно-вихревой характер течения. Горные потоки обладают большой эродирующей силой и переносят много обломочного материала, до $50\text{--}60\text{ кг/м}^3$, тогда как в равнинных реках он не достигает и $0,5\text{--}1\text{ кг/м}^3$.

Ниже по течению размер наносов уменьшается. Уже к устью реки располагаются самые маленькие частицы. Чем длиннее река, тем меньше становятся наносы в конце рек. Осаждение наносов или аккумуляция также существенно влияют на формирование русла реки.

В горах, где преобладают трудноразмываемые горные породы, возникают узкие долины – ущелья, каньоны.

Скорость размыва берегов на равнинах в десятки и сотни раз превосходит скорость врезания рек. В результате формируются долины с широкими поймами и террасами. Эти обстоятельства создают общую картину русловых процессов у истоков горных рек Таджикистана.

Целью данной статьи является проведение описания и анализа нынешнего

состояния русел рек Таджикистана, на фоне климатических изменений. Выполнена вдоль русла также оценка основных факторов, влияющих на изменения русла и рост русловых деформаций.

Материал и методы исследования

Привлекались данные русел рек по литературным источникам (1934, 1923 гг.), топографическим картам (1975 г.), полевые собственные исследования 2022-2023 г., включающие в себя обход русел рек, фиксация следов подъёма и смыва берегов рек и иные результаты мониторинга его состояния, а также интернет ресурсы.

Исходные материалы и обсуждение полученных результатов

Исследования, проведённые за последние 6 лет на руслах некоторых горных рек, свидетельствуют, что не на всех руслах горных рек вертикальные деформации преобладают над горизонтальными. У истоков некоторых рек, расположенных на высотах более 2500 м. наблюдается аккумуляция, а не врезания русла. Отметим, что по очертанию русла реки Мургоб (на всей своей протяжённости на высоте 3256 м. абс.), от оз. Сарез до высоты 4005 м. оз Бишуткек - исток основного притока р. Маргоб, р. Сафедоб (постановлением Правительства Республики Таджикистан от «30» июня 2021 года, №269, на территории Мургабского района ГБАО река Мургаб переименован на Маргоб, а р. Аксу переименован на р. Сафедоб) на территории ИРА очень схожи с очертаниями равнинных рек, хотя они расположены на высокогорьях.

Во многих горных районах под влиянием бурного летнего таяния снегов и ледников, а также в результате коротких, но сильных грозových ливней возникают мощные временные водотоки (сели). Эти мощные водотоки перекрывают русло основных рек, создавая тем самым препятствие в их русле.

Регуляторами стока горных рек являются ледники, вся деятельность которых

отражает условия рельефа и климата данной территории и оказывает воздействие на жизнь равнинных территорий, нередко удалённых за сотни километров от гор [10].

Кроме усиленного таяния ледников, которые несут огромное количество обломочного материала, другой причиной сноса большого количества моренного материала, является прорыв надледниковых и приледниковых озёр.

Во-первых, поток основного русла не в состоянии всегда прочищать себе русло. Это связано с тем, что уклон реки на этих участках мал, чтобы смыть образовавшиеся препятствия.

Во-вторых, грязекаменный состав временного водотока (притока), перекрывшего русло основной реки, состоит из крупнообломочного материала, что за-

медляют ход потока основного русла.

В-третьих, объём селевых потоков в десятки раз, а иногда и больше, превышает объём стока с основного русла, которое не в состоянии смыть перекрывший русло реки твёрдый материал.

Эти перекрытия основного русла наносами притоков в дальнейшем приводят к значительному развитию горизонтальных и вертикальных русловых деформаций, в результате которых изменяется продольный и поперечный профиль рек.

Такие перекрытия основного русла со стороны притоков встречаются в верховьях рек Зеравшан, Обихингоу и др. В некоторых местах высота таких перекрытий достигает десятки метров. Этот процесс приводит к тому, что вместо врезания (вертикальная деформация) дно русла реки переполняется наносами (рис. 1).



Рисунок 1. Дельта р. Рама, верховья р. Зеравшан, лето 2019 г.
(Фото Маджидова О.Ш.).

Эти вертикальные деформации происходят мгновенно или за короткий промежуток времени, в отличие от аккумуляции в низовьях рек, где вертикальные деформации становятся заметными за десятилетия.

В низовьях или устьях рек врезания не наблюдается, в основном на этих отрезках

русла рек происходит аккумуляция и река пробивает себе новое русло, в результате которого происходят горизонтальные деформации.

Таким же образом горизонтальные деформации происходят и у истоков некоторых горных рек. Главное отличие в том, что аккумуляция наносов у истоков

горных рек — это не наносы, привезённые самой рекой, а наносы привезённые боковыми притоками, лавинами или селевыми потоками.

Притоки первого порядка у истоков горных рек не такие большие и длинные. Источниками питания вод в них являются в основном ледники. В сезон таяния ледников -паводков (июль-август) эти реки становятся очень бурными. Эти бурные потоки сносят большое количество наносов с морен отступающих ледников вниз по течению и откладывают их у устья. В большинстве случаев эти наносы аккумулируются на русле основных рек. Так как бурные потоки протекают на небольших расстояниях в горах, то сносимые ими крупнообломочные материалы не измолачиваются, а становятся основными причинами аккумуляции наносов в руслах горных рек.

Как видно из рис. 1, дельта р. Рама (правый приток р. Зеравшан), перекрыл р. Зеравшан, в результате чего река пробила себе новое русло по левому борту, смывая левобережные берега. Мощность конуса выноса аллювиальных масс на пойме р. Зеравшан составляет более 3 м. Расстояние от устья р. Рама до языка ледника Зеравшан (истока р. Зеравшан) около 2 км, а ширина поймы р. Зеравшан на этом участке в некоторых местах более 300 метров.

Вторая причина русловых деформаций в горах — это оползни с неустойчивых прибрежных склонов, скал и откосов.

Третьей и самой основной причиной накопления отложений на руслах горных рек — это сход селя, в результате чего перекрываются русла реки, они заметно видоизменяются, образуя временные русловые озёра, смывая при этом противоположные берега.

Эти изменения русла рек в большинстве случаев носят временный характер, так как в сезон паводка русло реки, смыва-

вая накопившиеся наносы вернётся в исходное положение, но следы от деформации русла останутся.

Высотные положения бассейнов рек Таджикистана являются основными особенностями их формирования. Основную роль в формировании стока рек, как мы уже отмечали, играют рельеф и метеорологические элементы. Количество жидких осадков с высотой уменьшается, а температура воздуха понижается.

Массовое отложение наносов на русле р. Зеравшан со стороны притоков первого порядка в верховьях наблюдается за последние 8-10 лет.

Этот анализ приводит нас к мысли о том, что интенсивность русловых деформаций тесно связана с климатическими изменениями, т.е. с потеплением климата растёт число случаев деформации русел горных рек.

При этом аллювий горных рек отличается от равнинного аллювия своей плохой сортированностью, наличием горизонтов пролювия из грязекаменных селевых потоков.

В результате перекрытия русла реки ее уклон уменьшается, и река начинает блуждать и разветвляется.

У подножья долинных ледников, где долины расширены больше, чем в низовьях и средних частях долины, средний уклон речных русел на этих участках не превышает 1–5 м/км. (рис. 2.).

Такие широкие долины с очень малой амплитудой средних уклонов можно заметить у истоков рек Пяндж, Зеравшан и Хингоб (постановлением Правительства Республики Таджикистан от 31 июля 2021 года, за №348, на территории Сангворского района река Обихингоу переименована на Хингоб). Также на фотографиях, снятых с космоса отчётливо видно, что в верховьях рек, ширина русла рек у языка ледников намного шире чем в средних частях долин (рис. 3).

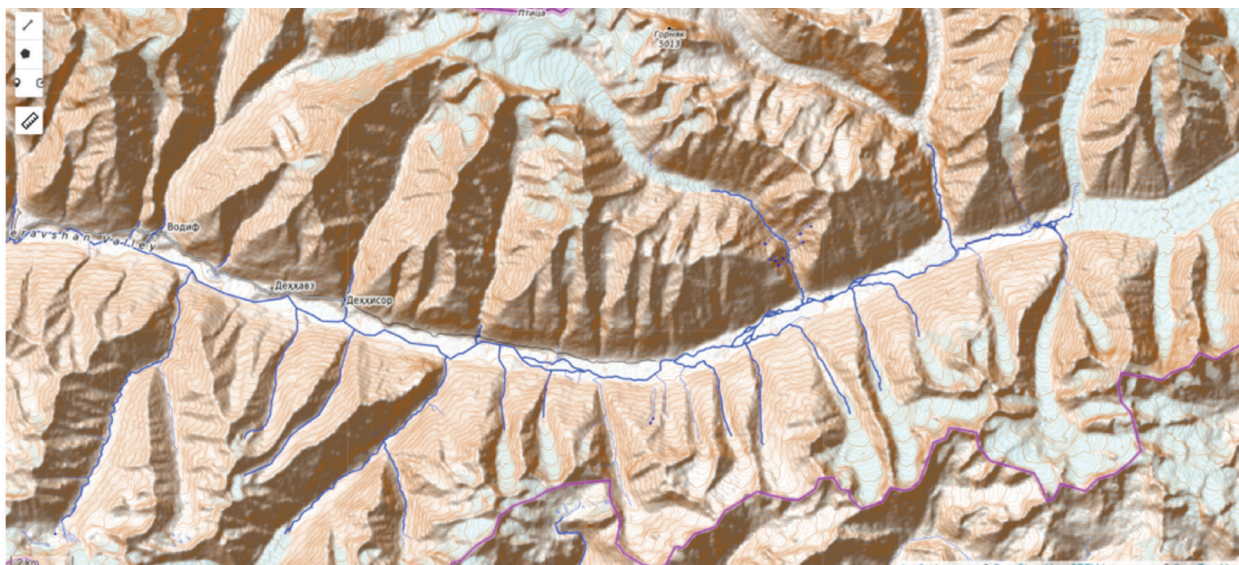


Рисунок 3. Бассейн реки Зеравшан у верховья (Google maps).



Рисунок 2. Долина р. Зеравшан у истоков (фото Маджидова О.Ш.).

Основными характеристиками русел рек являются: продольный и поперечный профили, плановые очертания и перераспределение глубин потока. Речное русло в каждый момент времени подвержено изменениям или деформациям [11].

Потоки, проходящие в речных руслах, вызывают изменения в его очертаниях, распределении глубин и характере продольного профиля реки. Со своей стороны, форма русла оказывает влияние на распределение течений и их скоростей.

Таким образом, поток и русло находятся в постоянном взаимодействии и русловые деформации являются выражением этого взаимодействия [12].

При размыве рекой песчаных уступов террас в русло поступает избыточное количество наносов, что является причиной формирования непосредственно ниже по течению мелководных перекатов, а на больших реках — сложных разветвлений [4].

Движение воды в реках контролируется тремя факторами: 1) градиентом укло-

на русла; 2) расходом водного потока; 3) формой русла. Понятно, что чем больше уклон русла, тем быстрее течет река, что характерно для рек Таджикистана.

На горных участках рек формируются параболические, трапецеидальные, прямоугольные, близкие к эллиптическим и неправильные формы профилей, причём наиболее распространёнными в аллювиальной среде являются параболические [13].

Выводы

1. Накопление аллювиальных отложений и горизонтальная деформация русел горных рек способствуют дальнейшему расширению поймы рек и тальвега (дна долины) в высокогорьях.

Такие часто повторяющиеся русловые процессы в высокогорьях могут стать причинами расширения дна длин и увеличения площадей пойм у истоков горных рек.

2. Из-за потепления климата в ледниковом поясе увеличивается частота схода грязекаменных потоков на руслах рек, которые не в состоянии их смыть. Такой процесс постепенно становится причиной роста аккумуляции наносов, поднятия дна долины и увеличения площадей пойм у истоков рек. В результате этого в высокогорной зоне Центрального Таджикистана, как и на Восточном Памире, образуется высокогорное плоскогорье.

Литература

1. Сапожников Г., Мухаббатов Х. Заказники Таджикистана. Душанбе: Ирфон, 1989, 159 с.

- Соколов А.А. Гидрография СССР (воды суши). Л.: Изд-во Гидромед, 1964, 536 с.
- Водогрецкий В.Е. Антропогенное изменение стока малых рек. Л.: Гидрометеиздат, 1990, 176 с.
- Чалов Р.С. Русловые процессы (русловедение): учебное пособие / М.: ИНФРА-М, 2016, 565 с.
- Шульц В.Л. Реки Средней Азии. / Записки Всесоюзного географического общества. Том 8. М.: гос-е изд-во географической литературы, 1949, 194 с.
- Гостунский А.Н. Гидрология Средней Азии. Ташкент; Уктувчи, 1969, 326 с.
- Алтуниин С. Т. Регулирование русел. М.: Сельхозиздат, 1962, 352 с.
- Никонов А.А. Определение скорости врезания рек // Геоморфология 1973. № 1, С. 24-35.
- Хакимов С.К. Русловые процессы на реках Западного Тянь-Шаня. Диссертации кандидата географических наук М., 1992, 165 с.
- Забилов Р.Д. Оледенение Памира. М.: Изд-во. Географическая литература, 1955, 371 с.
- Логинин Г.И. Гидравлические процессы при водозаборе из малых горных рек. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2014, 196 с.
- Лапшенков В.С. Прогнозирование русловых деформаций в бьефах речных гидроузлов. Л.: Гидрометеиздат, 1979, 237 с.
- Комилов О.К. Характерные особенности руслоформирования в различных инженерно-геологических образованиях горных пород. // Материалы Международной НПК. «Проблемы инженерной геологии, гидрогеологии, гидрологии и разработки месторождений полезных ископаемых Таджикистана и сопредельных территорий», посвящённой 80-летию заслуженного работника Таджикистана, доктора технических наук, профессора, академика Инженерной академии РТ, Комилова О. К. Душанбе -2022, С. 52-58.

РАВАНДҲОИ МАЧРОӢ ДАР САРГАҲИ ДАРӢОИ КУӢИИ ТОҶИКИСТОН

Мачидов О.Ш.^{1,*}, Муртазоев У.И.¹

^{1,*}Шӯбаи география ва зондкунони фосолави Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

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

Шарҳи мухтасар: Равандҳои маҷроӣ дар ҳамаи дарёҳо ба амал меоянд. Дар натиҷаи деформатсияи маҷроҳо васеъшавии водиҳо ва пайдоиши заминҳои наздизоҳилӣ дар баландкӯҳҳо натиҷаи таъсири тағйиротҳои иқлимӣ ба пирахҳо мебошанд. Босуръат дар маҷрои дарёҳои баландкӯҳ ҷамъ шудани таҳшинҳо

метавонад сабаби баланд шудани қатри води дарёҳо гардида, боиси зиёд шудани майдони заминҳои назди-соҳили дар маҷрои дарёҳои баландкӯҳ ва пайдоиши ҳамвориҳои баландкӯҳ гардад.

Калидвожаҳо: маҷро, дарёҳо, ҷазираҳо, шохобҳо, таҳшинҳо, сел, водиҳо.

CHANNEL PROCESSES AT THE SOURCES OF MOUNTAIN RIVERS IN TAJIKISTAN

Majidov O.Sh.^{1*}, Murtazaev U.I.¹

¹Department of Geography and Remote Sensing of the Earth National Academy of Sciences of Tajikistan

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

Abstract: Channel processes occur in all rivers. Expansion of the valley bottom, incision, accumulation and manifestation of floodplains in the highlands as a result of channel deformations are the result of the impact of climatic factors on glaciers. The accumulation of sediment in the beds of high-mountain rivers at this rate can lead to a rise in the bottom of river valleys, which will lead to an increase in the areas of high-mountain floodplains in river beds and the appearance of high-mountain plateaus.

Key words: Channels, rivers, glaciers, tributary, sediments, mudflows, valleys.

Сведения об авторах: Маджидов Одинабой Шарифмуродович – кандидат технических наук, с.н.с. Отдела географии и дистанционного зондирования Национальная академия наук Таджикистана, Муртазаев Уктам Исмаилович, доктор географических наук, профессор, с.н.с. Отдела географии и дистанционного зондирования земли Национальная академия наук Таджикистана. Email: mbobojon@mail.ru

Маълумот дар бораи муаллифҳо: Маджидов Одинабой Шарифмуродович – номзоди илмҳои техникаӣ, ходими калони илмӣ Шуъбаи география ва зондкунӣи фисилавии Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Муртазоев Уктам Исмаилович, доктори илмҳои география, профессор, ходими калони илмӣ Шуъбаи география ва зондкунӣи фисилавии Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Email: mbobojon@mail.ru

Information about the authors: Majidov Odinaboy Sharifmurodovich – Candidate of Technical Sciences, senior researcher. Department of Geography and Remote Sensing of the Earth National Academy of Sciences of Tajikistan, Murtazaev Uktam Ismatovich, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Senior Researcher. Department of Geography and Remote Sensing, National Academy of Sciences of Tajikistan. Email: mbobojon@mail.ru

УДК:627.83 (575.3)

ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА РЕКАХ ГОРНО-ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ

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

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

²Открытое акционерное общество «Памирская энергетическая компания»

³Институт исследований горных сообществ Университета Центральной Азии,

⁴Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана»

⁵Научно-исследовательский центр экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе)

⁶Синьцзянский Институт экологии и географии Китайской академии наук

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

Аннотация. Задача гарантированного качественного забора воды на горно-предгорных участках рек для нужд потребителей, связана с совершенствованием конструкций и методов расчетного обоснования

многочисленных гидротехнических сооружений в составе компоновок гидроузлов, способствующие комплексному использованию водных ресурсов горных рек для ирригации, гидроэнергетики и водоснабжения, с обеспечением минимального стеснения русла и устойчивого подхода потока к сооружению, недопущения в водозабор крупных наносов, наличия в плотине открытого пролета, для пропуска паводковых расходов и смыва со склонов камней и деревьев в нижний бьеф.

Ключевые слова: горно-предгорная зона, русло, река, наносы, гидротехнические сооружения, водозабор, выбор, гидроавтоматика.

Введение

Водозабор из горных рек в ирригационные и энергетические системы осуществляется, в основном, посредством гидротехнических сооружений (ГТС) - головных низконапорных плотинных водозаборных гидроузлов, представляющие собой комплекс сооружений и устройств, служащие для выполнения основных технологических операций - забор, подача необходимого количества и качества воды, с безусловным отведением. К приоритетным факторам выбора ГТС отнесены: сокращение холостой части магистрального канала, обеспечение необходимого качества очистки забираемой воды, в том числе транспортированием крупных наносов в нижний бьеф гидроузла, уменьшение влияния процесса водоотбора на режим реки даже при больших коэффициентах водозабора.

Ниже рассмотрены особенности водозабора на участках рек горно-предгорной зоны.

Рельеф Таджикистана по гипсометрическому положению выделен на следующие зоны: высокогорные - 4400-4500м, среднегорные - 3100-3200м, предгорные - 2000-2100м, и возвышенности 700-800м. При этом зоны выше 600-700м, занимают более 93% её территории [1].

Реки горно-предгорных зон являются источником формирования водных ресурсов, характеризующиеся большими уклонами скоростями течения и малыми глубинами на верхних участках. Быстрое нарастание паводка происходит при прохождении ливней, сопровождающиеся

транспортом большого количества донных и взвешенных наносов.

Особенности горных рек: значительные колебания расходов и горизонтов воды; значительные скорости течения; внезапно начинающиеся и быстро нарастающие паводки; непродолжительные и быстро возникающие ливневые паводки, сопровождающиеся транспортом крупных донных наносов; малое содержание мелких и взвешенных наносов; частые деформации русел, вызывающие блуждание потоков в пойме; большое количество мусора в период паводка; образование шуги.

Горные реки характерны довольно частым возникновением селевых потоков, являющиеся источником возникновения катастрофических природных явлений, а предгорные участки постоянным изменением русла [2].

Реки подразделяются на три зоны: 1. Горный (верхний) - от истоков до выхода реки из ущелий; 2. Предгорный (средний) - от начала конуса отложений речных наносов до зоны выклинивания подрусловых вод; 3. Равнинный - долинный (нижний) - от зоны выклинивания до впадения в основную водную артерию (Таблица 1.) [3].

Сползающие осыпи, впадающие в основную поток боковые притоки, несущие большое количество крупных наносов, аллювиальных отложений, резко нарушают характер течений, что приводит образованию устойчивых переломов в продольном профиле рек (рисунок 1).

Таблица 1. Характеристика этих участков рек [4].

Участок реки	Уклон	Влекомые наносы	Зимний режим	Особые условия
Горный	$>0,05$	Валунно-галечниково-гравелистые ($>50\text{мм}$)	На мелких реках возможно промерзание до дна. На больших и средних образуется шуга, забереги	В отдельные периоды возможно прекращение поверхностного стока. Кратковременные ливневые и селевые потоки
Предгорный	$0,05-0,001$	Гравелисто-галечниковые ($1-300\text{мм}$)	Шуга, забереги. Нередко ледостав.	Широкая гравелисто-галечниковая пойма, неустойчивость потока
Равнинный	$<0,001$	Мелкопесчаные и пылеватые ($<1\text{мм}$)	Шуга, ледостав, интенсивный ледоход, с заторами	Меандрирующее, легко размываемое русло

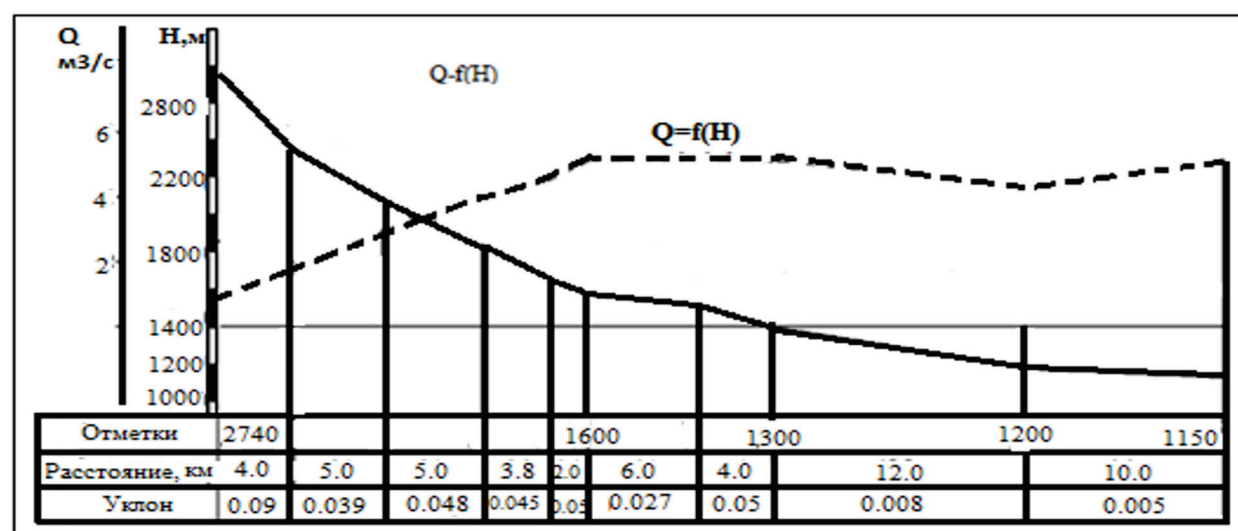


Рисунок 1. Характерный продольный профиль малых горных рек Центральной Азии.

Продольный уклон горных участков для различных рек изменяется в пределах $0,02 - 0,2$ [5,6]. На горных участках поток протекает с крутыми уклонами со скоростями больше критических (бурное течение), потруслу сложенного из булыжников, крупных валунов, обломков скал, а зоны с со спокойным течением чередуются с порогами, стремнинами и водопадами. На остальных участках потоку характерен спокойный режим движения воды.

Горная часть рек, из-за резких изменений уклонов отличаются друг от друга четырьмя участками: исток, верхнюю, среднюю и нижнюю. Исток и верхний участок рек находится в зоне альпийских лугов. Средний горный имеет в среднем уклон

$i=0,06$. Расходы воды, резко увеличиваются, а долины рек при этом имеют V - образную форму ущелья. Нижний участок имеет уклон не более $i<0,05$. Пойменный рельеф нижних и средних участков позволяют создание речных гидротехнических комплексов. Далее, ниже по течению, нижний участок переходит в предгорный с уклонами $i=0,01-0,04$, которые на всем протяжении изменяется не значительно. Долины рек имеют U - образную форму ущелий. Поток из ущелья выходит в долину, т.е. проходя по предгорному участку по собственному конусу выноса, занимая относительно большую ширину и часто разбиваясь на ряд мелких рукавов. На ри-

сунке 2, представлен выход реки Пяндж из горной зоны (До 2024г.).

Процесс водозабора в горно-предгорной зоне (в данном случае зона транзита и изъятия стока) можно расчленить на ряд управляемых технологических операций: водоотбор; борьба с наносами; водоподача; рыбозащита; борьба с плавающими телами и ледовыми образованиями.

Задача гарантированного качественного забора воды на горно-предгорных участках рек для нужд потребителей, связана с совершенствованием конструк-

ций и методов расчетного обоснования многочисленных гидротехнических сооружений (ГТС). Следует также иметь в виду, что наиболее пригодные участки для строительства плотин находятся в областях с наиболее сложным рельефом, вдали от крупных массивов, удобных для орошаемого земледелия. Все эти факторы определяют необходимость использования низконапорных гидроузлов и дальнейшего совершенствования их конструкции и режимов эксплуатации.

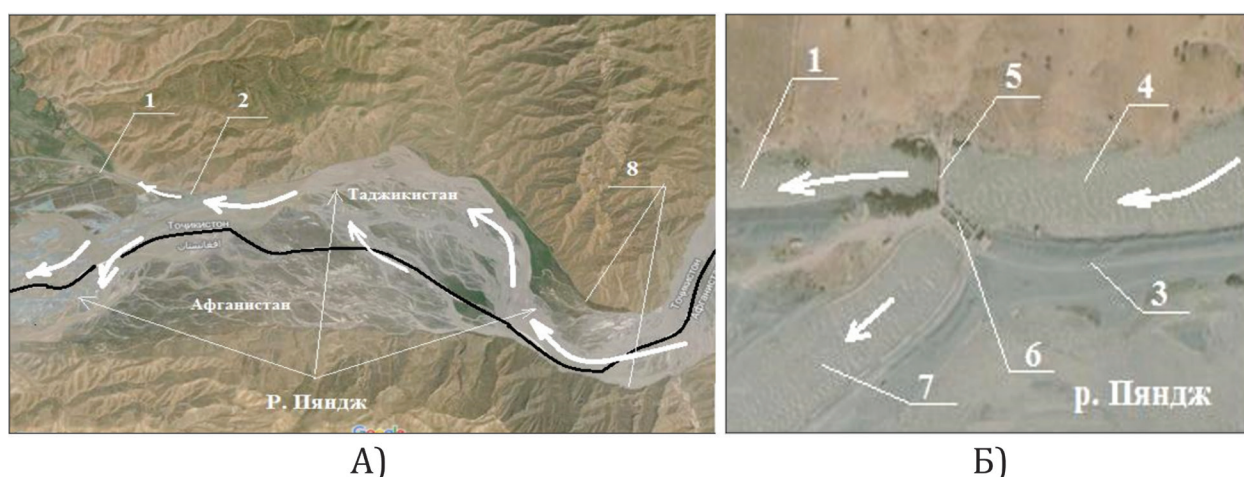


Рисунок 2. А - выход р. Пяндж из горной зоны в долинную;

Б - головной бесплотинный водозаборный узел ГТС.

1 - отводящий канал; 2 - гидроузел; 3 - шпора; 4 - основной прокоп;

5 - водозаборные пролеты; 6 - катастрофический водосброс; 7 - сбросной канал;

8 - участок выхода р. Пяндж. Разработал Фазылов А.Р.

Процесс водозабора в горно-предгорной зоне (в данном случае зона транзита и изъятия стока) можно расчленить на ряд управляемых технологических операций: водоотбор; борьба с наносами; водоподача; рыбозащита; борьба с плавающими телами и ледовыми образованиями.

Задача гарантированного качественного забора воды на горно-предгорных участках рек для нужд потребителей, связана с совершенствованием конструкций и методов расчетного обоснования многочисленных гидротехнических сооружений (ГТС). Следует также иметь в виду, что наиболее пригодные участки

для строительства плотин находятся в областях с наиболее сложным рельефом, вдали от крупных массивов, удобных для орошаемого земледелия. Все эти факторы определяют необходимость использования низконапорных гидроузлов и дальнейшего совершенствования их конструкции и режимов эксплуатации.

В последние несколько десятилетий в горных и предгорных районах коэффициент водозабора на многих низконапорных водозаборных сооружениях в отдельные периоды года достигает почти 100%. Работа гидроузла при этом чрезвычайно осложняется наличием большого количе-

ства наносного материала [7,8,9].

На горно-предгорных участках рек, наиболее рациональной схемой эксплуатации ГТС, является режим периодического занесения и промыва верхнего бьефа обеспечивающий качественный водозабор, с привязкой ГТС к гидрологическому режиму, способствующий снижению интенсивности руслоформирования. Правильный учет накопления наносных отложений в верхнем бьефе за период безнаносного водозабора и промыв наносных отложений в возможно короткие сроки, обеспечивает бесперебойную работу ГТС, а достижение определенного баланса наносов в зоне водозабора, гарантирует надежную работу всего комплекса ГТС

Проектирование водозаборных сооружений на горных реках включает: выбор створа ГТС; решение общей схемы водозабора (бесплотинный, плотинный) и схему подачи (самотечная, напорная); установление состава и выбор типа ГТС; компоновка гидроузла.

К требованиям предъявляемые к водозаборным гидроузлам с низконапорными плотинами, на горных реках отнесены: минимальное стеснение русла, обеспечение устойчивого подхода потока к сооружению, недопущение в водозабор крупных наносов, наличие в плотине широкого и всегда открытого пролета, позволяющего паводкового расхода и смывы со склонов камни и деревья.

Бесплотинные водозаборы применяют на предгорных участках больших рек, и в редких случаях – на нагорных участках, при наличии устойчивого русла с глубинами воды при минимальных условиях и шугоходе, достаточными для забора воды, по двум схемам: с глубинным водоприемом и с открытым водоприемом с устройством водоприемных ковшей или с боковым отводом открытым каналом.

Водозаборные сооружения классифицируются по конструктивным и гидрав-

лическим признакам, способу борьбы с наносами и периодичности их удаления, величине напора воды в верхнем бьефе и т.п. Конструктивные признаки указывают на наличие или особенность конструкции того или иного элемента сооружения, на взаиморасположение элементов относительно друг друга или русла реки. В основу составления классификаций положены конструктивные соображения.

Горные водозаборы согласно способу забора воды и конструктивным особенностям могут быть объединены в три основные группы: 1. Водозаборы с донными решетками. 2. Послойно-решетчатые водозаборы. 3. Бычковые водозаборы - применимы для односторонней и двусторонней подачи воды, а водозаборная решетчатая их часть может занимать весь водосбросный фронт гидроузла или только часть его.

С этих позиций наиболее рациональными следует считать конструкции горных водозаборов, предложенных акад. Е.А.Замариным С.Т. Алтуниным, С.В.Избашем, С.Г.Мелик-Нубаровым, Т.Г. Гегелия, Л.А.Горбачевым, Н.Ф.Данелия Г.А.Джимшели, Ф.С.Салаховым, К.Ф.Артамоновым, И.И. Леви, Р.Ж.Жулаевым, А.И.Арыковой, Я.В. Бочкаревым, И.И.Кухианидзе, Г.В.Соболиным, Н.Б.Кереселидзе, А.Э. Сералидзе, И.Я.Дндрейчуком, В.Г.Айвазяном, И.С. Румянцевым, Б.И. Мельниковым, А.В. Филончиковым, А.С. Офицеровым и др

Определяющим критерием при выборе компоновочной схемы водозабора из горных рек является максимальное значение коэффициента водозабора α , который является отношением среднедекадного расхода водозабора к среднедекадному расходу реки расчетной обеспеченности, который рассчитывается по формуле (Рисунок 3.) [5]:

$$\alpha = \frac{Q_{AC}}{Q_{P\%}} \quad (1)$$

где Q_{AC} Q_p - соответственно расчетный расход гидросистемы и расход притока реки расчетной обеспеченности.

При значениях коэффициента водозабора $\alpha \leq 0,25$ обычно принимается бесплотинная схема водозабора, при коэффициенте $0,95 \geq \alpha \geq 0,25$ принимаются компоновки низконапорных плотинных водозаборных гидроузлов с полным перекрытием створа. В случае превышения в определенные периоды времени значений расходов водозабора речных расходов, в створе водозабора сооружается плотина, способная образовывать аккумулирующую емкость (водохранилище) [10].

При выборе низконапорных плотинных водозаборных гидроузлов следует учитывать следующие определяющие факторы: сокращение холостой части магистрального канала, обеспечение необходимого качества очистки забираемой воды, уменьшение влияния процесса водоотбора на режим реки даже при больших коэффициентах водозабора.

Конструкции низконапорных плотинных водозаборных гидроузлов классифицируются по: конструкции; гидравлическим признакам; способам борьбы с наносами; периодичности их удаления, величине напора воды в верхнем бьефе и т.д.

Профессором Алтуниным С.Т. предложена классификация компоновок водозаборных гидроузлов [11]: Индийский;

Европейский; Грузинский; Ферганский; Комбинированный; Решетчатый (Тирольский); Усовершенствованный решетчатый; Киргизский; Тяньшанский; С косонаправленным наносозащитным порогом; С выпуклым в плане наносозащитным порогом; Водозабор с ломаным в плане наносозащитным порогом (КРСУ).

Многими специалистами в качестве перспективности применения на малых горных реках водозаборных гидроузлов, выполненных по схеме решетчатого типа (Тирольский), осуществили их совершенствование, с учетом плотность влекомых наносов а также мутность речных потоков, заключающиеся, в улучшении наносозащитных характеристик, с применением наносоперехватывающих галерей, щитовых сбросов, гидравлических сепараторов, порогов, водоприемных галерей поднятые над отметками речного дна и т.д.). Следует отметить, что резко континентальный климат Центрально-Азиатских стран, в том числе и в Таджикистане, определяет сложные гидрологические и морфометрические характеристики горных рек, которые проявляются в малой водности и большой интенсивности эрозионных процессах склонов и пойм бассейнов рек [10].

Учеными Кыргызстана и Казахстана были разработаны типы водозаборных гидроузлов: «Кыргызский» и «Тяньшанский» (Рисунок 3.).

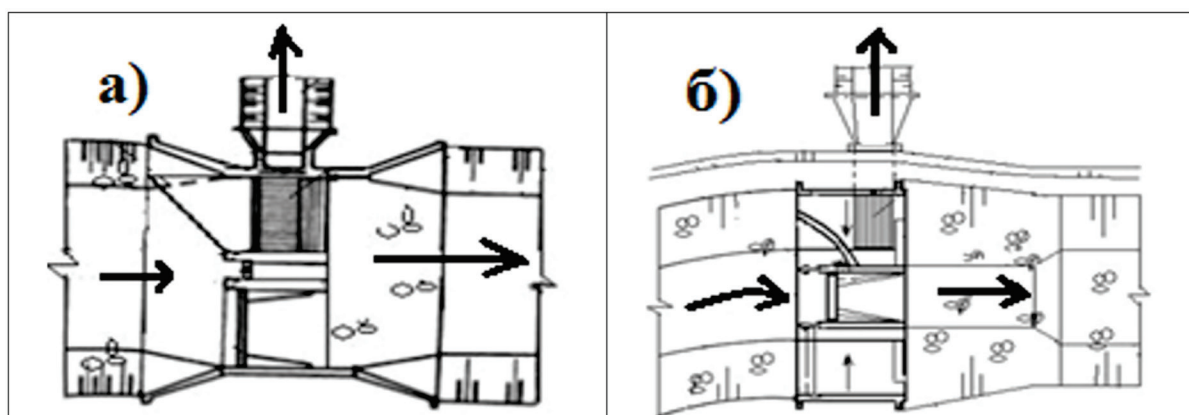


Рисунок 3. Совершенствованные компоновки решетчатого типа водозабора: а - Киргизского типа; б - Тяньшаньского типа.

Рассматриваемые компоновочные схемы, разработаны с односторонним водозабором, имеющие криволинейное подводящее русло, подобное руслу Ферганского типа водозабора.

На рисунке 4 представлены усовершенствованные компоновочные схемы, на базе Решетчатого водозабора и Ферганского типов [12].

В настоящее время Лавровым Н.П., и Логинвым Г.И. путем заимствования рациональных конструктивных решений

предложена классификация (Рисунок 5.) с учетом, более совершенных головных водозаборных гидроузлов [12].

Разработанная классификация быть использована для систематизации материалов и данных по существующим гидроузлам, а также с целью совершенствования элементов, устройств и технологий эксплуатации головных гидроузлов ирригационных и гидроэнергетических систем.

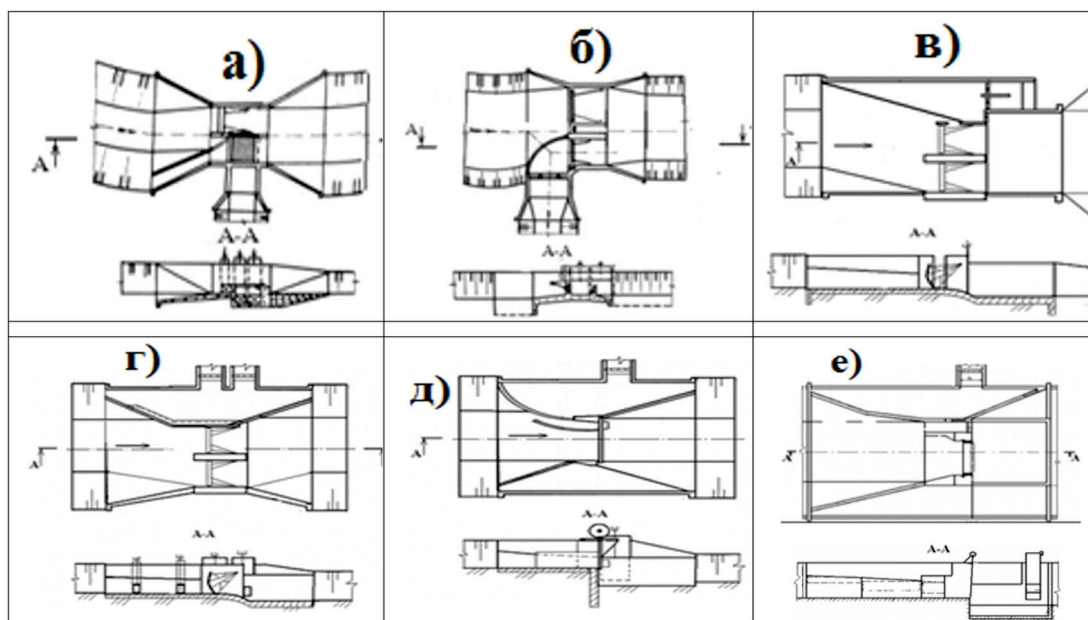


Рисунок 4. Компоновочные схемы ГТС, созданных на основе усовершенствования Тяньшаньского типа водозабора: а - Г.В. Соболина; б - И.К. Рудакова; в - схема М.С. Рамазана и С.С. Сатаркулова; г - А.В. Филончикова; д - Я.В. Бочкарева (КСХИ); е - схема для деривационных ГЭС (КРСУ).

В настоящее время в Республике Таджикистан (РТ) функционируют более 7099 ГТС различного назначения, в том числе эксплуатируются 36 крупных гидротехнических сооружений. Около 350 из них ирригационные водозаборные сооружения средней мощности: Плотинное Головное водозаборное сооружение Вахшского магистрального канала (Головная ГЭС) (1939г.); Плотинное головное водозаборное сооружение Большого Гиссарского Канала (БГК) (1942); Головное водозаборное сооружение Чубекского канала на реке Пяндж (1960г. 2024г.); плотинное во-

дозаборное сооружение Верхне-Варзобской ГЭС, на реке Варзоб (1938г.) и др. [13].

Ниже представлены схемы компоновок, полученные с использованием технических средств дистанционного зондирования Земли, водозаборных узлов построенные и эксплуатируемые в различных зонах Таджикистана.

На рисунке 6 приведены снимки, (Река Шохдара) а на рисунке 7 гидротехнический узел сооружений (проект), (с криволинейным подводящим руслом и односторонним водозабором) ГЭС Себзор

на р. Шохдара (юго-запад ГБАО, Таджикистан) - горная зона [14].

Для ГЭС Себзор, на реке Шохдара, построен плотинный боковой водозабор, с косонаправленным, наносоотводящим порогом, с тремя приёмными отсеками. Водо-приемник оснащен решеткой для

крупного мусора и подводной стенкой для предотвращения попадания мусора и плавающего льда в водоприёмные отсеки и воду в двухкамерную песко-ловку и далее она через трубопровод отводится к зданию ГЭС.

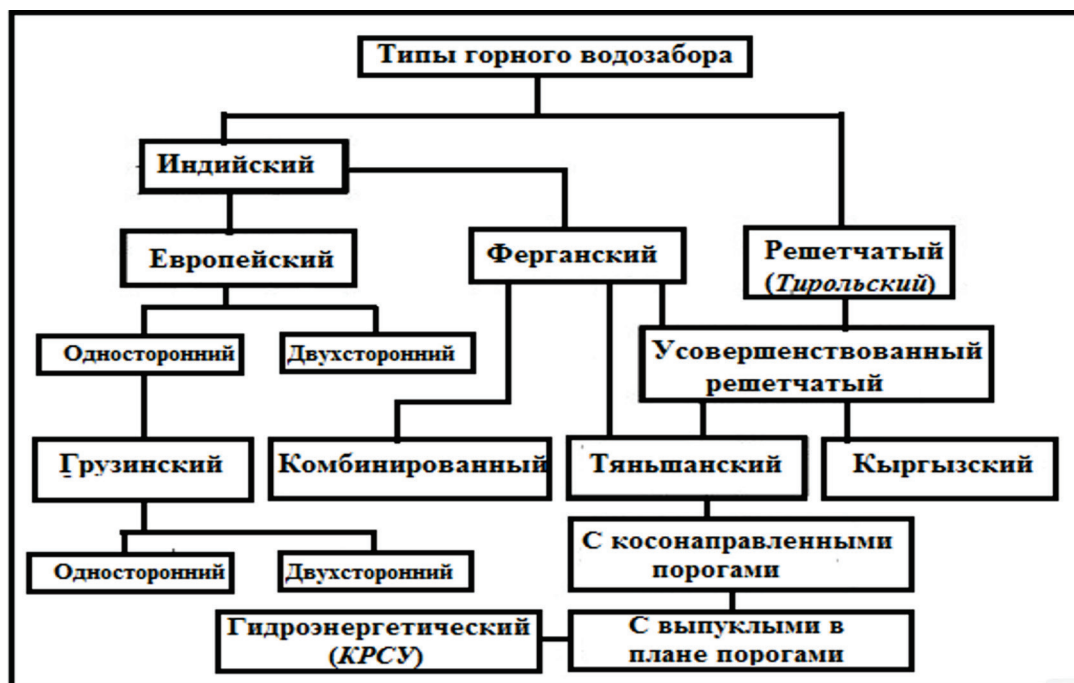


Рисунок 5. Схема классификации типов водозаборных гидроузлов на горных реках.

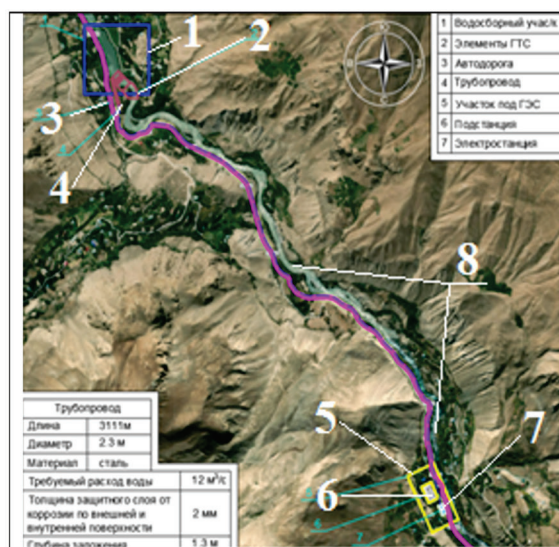


Рисунок 6. План сооружений ГЭС «Себзор» на р. Шохдара. 1-водо-сборный участок; 2- ГТС; 3-автодо-рога; 4- трубопровод; 5-участок под ГЭС; 6-подстанция; 7-электро-станция; 8-река.

Разработали Бахтиёров Х.Б., Фазылов А.Р.



Рисунок 7. Узел ГТС (проект), (с криволинейным подводным руслом и односторонним водозабором) на р. Шохдара. Горная зона. 1-река; 2- щитовая плотина; 3- трубопровод; 4-пес-колодка; 5-дорога. Разработали Юсуфбеков Ф.Ш., Фазылов А.Р.

На рисунке 8 представлена компоновка водозаборного сооружения на реке Варзоб. Предгорная зона. В состав комплекса ГТС входит бетонная плотина, перегораживающая реку Варзоб, водоприемник деривации с отстойником,

бетонированный деривационный канал длиной 5 км. Водозаборное сооружение Верхне-Варзобской ГЭС, обеспечивает забор воды и её очистку от наносов и вода далее транспортируется посредством деривационного канала.



Рисунок 8. Предгорная зона. Водозаборное сооружение на р. Варзоб.

1- река; 2-двух-мерный отстойник; 3-деривационный канал;
4-промывной тракт; 5-водосливная плотина; 6-щитовая плотина.

Разработали: Наврузиоев Х.Д, Фазылов А.Р.

На рисунке 9 представлена компоновка ГТС (Ферганский тип) Большого Гиссарского Канала (БГК), построенного в 1940-1942 гг. для повышения эффективности использования земельно-водных ресурсов для получения устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур ряда районов Таджикистана (30 тыс. га) и Сурхандарьинской области Узбекистана (10 тыс. га), расположенных в Гиссарской долине. **Равнинная зона.**

Немаловажным фактором при совершенствовании конструкции и процесса водозабора, в горно-предгорной зоне, является обеспечение его эффективного за счет автоматизации технологических процессов в створах ГТС, оснащением ГТС средствами автоматического управления технологических процессов, позволяющие осуществлять оперативную эксплуатацию (частично или полностью) без участия человека [15].



Рисунок 9. Водозаборный гидроузел (Ферганский тип) Большого Гиссарского Канала (БГК). Равнинная зона.

- 1- Криволинейное под-водящее русло; 2- щитовая плотина; 3-водоприемник;
4- Г-образный криволинейный (наносоотводящий) порог; 5-БГК.

Разработали: Наврузшоев Х.Д, Фазылов А.Р.

Выводы и рекомендации.

С учетом сложности устройства горных водозаборных сооружений, необходимо осуществить комплексное использование водных ресурсов горных рек для потребностей ирригации, гидроэнергетики и водоснабжения.

Проектирование горных водозаборных сооружений должно включать: выбор створа водозабора, решение общей схемы водозабора (бесплотинный, плотинный) и схему подачи воды в систему (самотечная, напорная); установление состава и выбор типа сооружений; компоновка ГТС.

Береговые водозаборы с глубинным водоприемом, с отстойниками, рекомендуются устраивать, при отборе воды не более 25-30%.

Плотинные водозаборы с устройством в водоприемной части порогов, донных промывных галерей и карманов, песколовков, гравиеловков и шугосбросных сооружений, рекомендуется применять для условий недостаточных глубин в реке и недостаточной обеспеченности водой, в отдельные периоды, а также при водоотборе более 25-30%.

Донные решетчатые водозаборы с наносоперехватывающими и водоприемными галереями, устраиваемые в пороге плотины, для забора воды при малых глубинах, рекомендуются использовать на высокогорных и горных участках рек.

На предгорных участках больших рек, при наличии устойчивого русла с минимальными глубинами воды, достаточными для забора воды, а также на реках с широкими поймами рекомендуется применять бесплотинные водозаборы с боковым отводом, посредством открытых каналов, ограждаемые незатопляемыми дамбами.

С учетом отдаленности горных водозаборных сооружений от электроэнергии, следует применять гидроавтоматы - системы автоматизации технологических процессов, работающих на использовании энергии самого потока.

Литература

1. Мухаббатов, Х.М. Проблемы природопользования в горных регионах Таджикистана [Текст] / Х.М. Мухаббатов.- Душанбе, 2015.:Дониш, 565с. С.150
2. Сафаров М.С., Фазылов А.Р., Гулаёзов М.Ш, Наврузшоев Х.Д. Современные системы мо-

- ниторинга стихийных бедствий в условиях изменения климата в центрально - азиатском регионе (на примере горно-предгорных районов Таджикистана // Региональное сотрудничество в Центральной Азии: Сборник статей Международного Фонда спасения Арала. - Душанбе: 2023, с. 201-208.
3. Логинов Г.И. Гидравлические процессы при водозаборе из горных рек. Бишкек: «Кут-Бер», 2014, 320 с.
 4. Гидротехнические сооружения. Проектирование и расчет: Учебное пособие/ И. И. Кириенко, Ю. А. Химерик.- Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1987, 253 с.
 5. Филончиков А.В. Проектирование автоматизированных водозаборных узлов на горных реках. - Фрунзе: Кыргызстан, 1990, 376 с.
 6. Талмаза В.Ф. Особенности изменений расходов влекомых наносов на горных реках и их влияние на регулирование пропуска наносов при водозаборе// Гидроавтоматика в мелиорации. Сб. науч. тр. – Фрунзе: Кирг. СХИ, 1989, С. 67 – 72.
 7. Кромер Р.К. Исследование процессов занесения и промыва подпорных бьефов низконапорных гидроузлов на реках горно-предгорной зоны: Автореферат Дисс....канд.техп. наук.- М., 1979, с.
 8. Розовский Л.И. Движение воды на повороте открытого русла// АН Укр.ССР.-Киев, 1957.- 186 с.
 9. Хачатрян А.Г. Исследование поперечной циркуляции в применении к борьбе с донными наносами при бесплотинном водозаборе// Поперечная циркуляция в открытом потоке и ее гидротехническое применение.-М.: ОГИЗ Сельхозиздат, 1936, с. 227-228.
 10. Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны / Под ред. Н.П. Лаврова. - Б.: «Салам», 2009, 504 с.
 11. Алтуниев С.Т. Водозаборные узлы и водохранилища. - М.: Колос, 1964, 429 с.
 12. Логинов, Г. И. Классификация горных водозаборных гидроузлов / Г. И. Логинов, И. П. Лавров. - Кыргызстан, 2011.
 13. Фазылов А.Р. Законодательная база в области безопасности гидротехнических сооружений в Таджикистане В сб.: Комплексное использование водно-энергетических ресурсов Центральной Азии в условиях глобального изменения климата. Душанбе, Таджикистан).- «Фархунда М», 2021, С. 217.,с. 9–17.
 14. Фазылов А.Р. Гидротехнический комплекс сооружений Себзорской ГЭС на реке Шохдара (Памир, Таджикистан) / Х.Б. Бахтиёров, А.Р. Фазылов Мат-лы Респ. научно-практ. конф. «Водохозяйственный комплекс: проблемы и пути их решения» В журнале «Водные ресурсы, энергетика и экология» Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, «Фархунда М», Душанбе.- 2022.- 2(2), с. 59-67.
 15. Бочкарев Я.В., Мельников Б.И. Автоматизированные водо-заборные сооружения для малых горных рек // Мелиорация и водное хозяйство.- 1991, №8, С. 46-81.

ИНШООТҶОИ ОБҚАБУЛКУНАНДА ДАР ДАРЁҶОИ МИНТАҚАИ КЎҲӢ ВА ДОМАНАКЎҲӢ

**Фазылов А.Р.^{1*}, Юсуфбеков Ф.Ш., Наврузшоев Х.Д.,
Сафаров М.С. Гулаёзов М.Ш.**

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

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

Шарҳи мухтасар. Вазифаи кафолатноки гирифтани об дар қитъаҳои кӯҳӣ ва доманакӯҳӣ дарёҳо ба рои эҳтиёҷоти истеъмолкунандагон бо тақмили тарҳҳо ва асосноккунии усулҳои ҳисобкунии инишоотҳои сершумори гидротехникӣ ҳамчун як қисми маҷмӯи инишоотҳои гидротехникӣ, ки ба истифодаи комплекси захираҳои оби дарёҳои кӯҳӣ барои обёрӣ, гидроэнергетика ва об таъминкунӣ, бо фароҳам намудани маҳдудияти ҳадди ақали чараён, устувори равиши об ба инишоот, нешири воридишави обовардҳои калон ба обгир, мавҷудияти гузаргоҳи кушод дар сарбанд барои гузариши обҳои селӣ ва сангу дарахтони аз нишебӣҳо шуста шуда ба баргоби поёнӣ мусоидат намудан мебошад. Обгири самаранок дар сураи истифодаи автоматикунони гидравлики равандҳои технологӣ имконпазир аст.

Калидвожаҳо: минтақаи кӯҳӣ-доманакӯҳӣ, маҷро, дарё, обовардҳо, инишоотҳои гидротехникӣ, обқабулқунанда, тасниф, интиҳоб, гидроавтоматика.

WATER INTAKE STRUCTURES ON THE RIVERS OF THE MOUNTAIN-FOOTHILL ZONE

**Fazilov A.R., Yusufbekov F.Sh., Navruzshoev H.D.,
Safarov M.S., Gulayozov M.Sh.**

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

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

Abstract. *The task of guaranteed high-quality water intake on mountain-foothill sections of rivers for the needs of consumers is associated with the improvement of designs and methods of calculation justification of numerous hydraulic structures as part of the layout of configurations of hydraulic nodes, facilitating the integrated use of water resources of mountain rivers for irrigation, hydropower and water supply, ensuring minimal channel constriction and a stable approach of the flow to the structure, preventing large sediments from entering the water intake, the presence of an open span in the dam to pass flood flows and stones and trees washed off the slopes into the lower pool. Efficient water intake is possible using hydraulic automation of technological processes.*

Key words: *mountain-foothill zone, channel, river, sediments, hydraulic structures, water intake, classification, selection, hydraulic automation.*

Маълумот оид ба муаллифони. Фазылов Али Рахматджанович, доктори илмҳои техникӣ, профессор, мудири лабораторияи «Иншоотҳои гидротехникӣ»-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, Тел.: (+992) 931053040, E-mail: alifazilov53@gmail.com, Тел.: (+992) 918565070; Юсуфбеков Фохир Шодихонович, Роҳбари лоиҳаи НБО-и Себзор ш. Хоруғ, Тоҷикистон, E-mail: fokhir.yusufbek@gmail.com; Наврузшоев Ҳ.Д., номзади илмҳои техникӣ, Муассисаи давлатии илмӣ «Маркази омӯзиши пиряхҳои АМИТ», Институти омӯзиши ҷомеаҳои кӯхистони Донишгоҳи Осиёи Марказӣ; E-mail: hofiz.navruzshoev@gmail.com; Сафаров Мустафо Сулаймонович, PhD, муҳандис оид ба ҳавопаймоҳои бесарнишини Маркази илмӣ-таҳқиқотии экология ва муҳити зисти Осиёи Марказӣ (Душанбе), Ходими калони илмӣ Институти Шинҷонии экология ва географияи Академии илмҳои Хитой, Тел.: (+992) 904-10-01-44, E-mail: mustafo-2010@mail.ru; Гулаёзов Мачид Шоназарович, номзади илмҳои географӣ, директори иҷроияи Маркази илмӣ-таҳқиқотии экология ва муҳити зисти Осиёи Марказӣ (Душанбе), Тел.: (+992) 915901113, E-mail: majid1983@mail.ru;

Сведения об авторах. Фазылов Али Рахматджанович, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией «Гидротехнические сооружения» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, Тел.: (+992) 918565070, E-mail: alifazilov53@gmail.com; Юсуфбеков Фохир Шодихонович, менеджер проекта ГЭС Себзор, г. Хорог, Таджикистан, Тел.: (+992) 931053040, E-mail: fokhir.yusufbek@gmail.com; Наврузшоев Ҳ.Д., кандидат технических наук, Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана», Институт исследований горных сообществ Университета Центральной Азии; E-mail: hofiz.navruzshoev@gmail.com; Сафаров Мустафо Сулаймонович, доктор хабилитат, инженер по БПЛА Научно-исследовательского центра экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе), Старший научный сотрудник Синьцзянского института экологии и географии, Китайской академии наук, Тел.: (+992) 904100144, E-mail: mustafo-2010@mail.ru; Гулаёзов Маджид Шоназарович, кандидат географических наук, исполнительный директор Научно-исследовательского центра экологии и окружающей среды Центральной Азии (Душанбе), Тел.: (+992) 915901113, E-mail: majid1983@mail.ru;

Information about the authors. Fazylov Ali Rakhmatjanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Hydrotechnical Structures, Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of the Russian Federation, Phone: (+992) 918565070, E-mail: alifazilov53@gmail.com; Yusufbekov Fokhir Shodikhonovich, Sebzor HPP Senior Project Manager, Khorog, Tajikistan, Khorog, Tajikistan, Phone: (+992) 931053040, E-mail: fokhir.yusufbek@gmail.com; Navruzshoev H.D., Candidate of Technical Sciences, State Scientific Institution "Center for Research of Glaciers of the National Academy of Sciences of Tajikistan", Mountain Societies Research Institute of the University of Central Asia; E-mail: hofiz.navruzshoev@gmail.com; Safarov Mustafo Sulay-monovich, doctor, UAV engineer, Research Center for Ecology and Environment of Central Asia (Dushanbe), Associate Researcher, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Phone: (+992) 904100144, E-mail: mustafo-2010@mail.ru; Gulayozov Majid Shonazarovich, Candidate of Geographical Sciences, Executive Director of the Research Center for Ecology and Environment of Central Asia (Dushanbe), Phone: (+992) 915901113, E-mail: majid1983@mail.ru.

МАСЪАЛАИ МУАЙЯНСОЗИИ ҶУЗЪҲОИ (УНСУРҲОИ) ГИДРАВЛИКИИ БУРИШИ АРЗИИ КАНАЛҲО

Пирова Ш.Х.^{1,*}

^{1,*}Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

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

Шарҳи мухтасар. Дар мақолаи мазкур маълумоти умумӣ барои ҳисоб намудани ҷузъҳои каналҳои ирригатсионӣ оварда шудааст. Маълум гардид, ки дар ҳудуди Ҷумҳурии Тоҷикистон наздики 6 ҳазор километр каналҳои ирригатсионӣ вуҷуд дошта, аз ин миқдор 39% онҳо бо бетон рӯйпуш ё тариқи ҷуйҳои оҳану бетонӣ бунёд карда шудааст. Дар мақола тартиби ҳисоби ҷузъҳои каналҳо вобаста аз намудани баррасӣ гардида намунаи ҳисоб оварда шудааст.

Калидвожаҳо: канал, ирригатсия, намуди канал, ҷуъҳои канал, трапетсиадалӣ, росткунча, параболоикӣ, буриши арзӣ.

Муқаддима

Канал – ин маҷрои сунъие мебошад, ки тарҳи (формаи) дурустро дорост. Аз ҷиҳати таъиноташон каналҳо якҷанд намуд мешаванд: барои кишту кор (ирригатсионӣ), обёришаванда, дериватсионӣ (барои НБО), барои роҳҳои обӣ ва ғайра.

Дарозии каналҳои байниҳочагии обтаъминкунӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон 6 ҳазор км – ро ташкил медиҳад, ки 39% онҳо бо бетон рӯйпуш ё тариқи ҷуйҳои оҳану бетонӣ бунёд карда шудааст [1]. Системаи обёрии Ҷумҳурии Тоҷикистон 743,6 ҳазор га заминҳоро хизматрасонӣ мекунад, ки наздики 300 ҳазор га бо ёрии пойгоҳҳои обкашӣ таъмин карда мешаванд. Шумораи умумии ҳочагиҳои деҳқонӣ, ки бо кишту кор ва боғпарварӣ соруқордоранд зиёда аз 20 ҳазор ҳочагиро ташкил дода, масъалаи дастрасӣ бо об барои онҳо мушкilotи мубрам боқӣ мемонад.

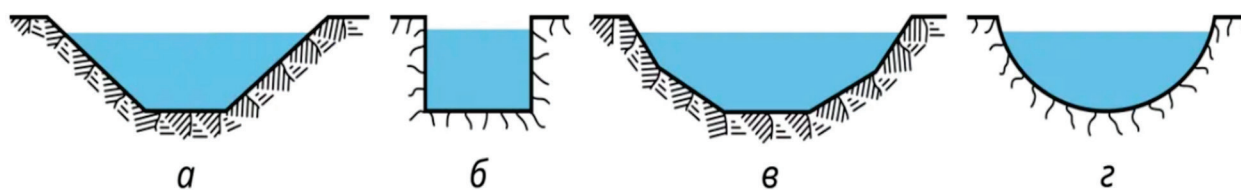
Мақсади мақолаи мазкур баррасии ҳамаҷонибаи каналҳои ирригатсионӣ ва муайянсозии ҷузъҳои (унсурҳои) гидравликии буриши арзии онҳоро дар бар мегирад.

Вобаста ба тарзи таъмини об ба каналҳо онҳоро ба “худчорӣ” ва “мошинӣ” ҷудо менамоянд. Каналҳои бо тариқи механикӣ бо об таъминшаванда дар мин-

тақаҳое бунёд мегарданд, ки заминҳои қорам аз манбаи об боло ҷойгир гардидааст. Ба омилҳои табиӣ, ки ба интиҳоби намуди канал таъсири қалон мерасонанд, дохиланд: омили топографӣ, гидрологӣ, заминӣ ва геологӣ. Шароитҳои топографии маҳал зарурияти тарзи бунёди каналро дар хандақ, дар хоктуда (насып) ва ба намуди хандақ – хоктуда амалӣ мегардад [2-4].

Вобаста аз шароитҳои геологӣ каналҳо метавонанд аз таъминҳои сангдор ва бе санг гузаранд, ки ҳангоми аз заминҳои сангдор гузаштан бе болопуш иҷро мегарданд. Ҳангоми дар заминҳои бе санги мулоим бунёд кардани канал девораҳои он бо ҷилди аз оҳану бетон иборат буда рӯйпуш мегардад. Дар расми 1 намудҳои асосии буриши кундалангии каналҳои дар заминҳои бесанги мулоим бунёдшаванда оварда шудааст.

Каналҳо вобаста аз намуди буриши кундалангияшон ба намуди полигонии ва қатъата ҷудо мешаванд. Ба намуди полигонии метавон намудҳои росткунча, секунча, трапетсиадалӣ ва дилхоҳ каналро, ки периметри таршудааш хатҳои рост дорад ворид кард. Намуди қатъатаи каналҳо ба намуди параболоикӣ ва давра бо дигар формулаҳо нишон дода мешавад [3].



Расми 1. Намудҳои буриши кундалангии каналҳои ирригатсионӣ:
а – трапетсиадалӣ; б – росткунча; в – полигоналӣ; г - параболоикӣ.

Масъалаҳои асосии ҳисоби гидравликии каналҳо

Ҳамаи каналҳои ирригатсионӣ ҳисоби гидравликияшон бо назардошти ҳаракати баробари об дар онҳо амалӣ карда мешавад. Намудҳои асосии ҳалли масъалаҳои гидравликии ҳисоби каналҳо инҳо мебошанд:

- муайян намудани суръат v ва сарф Q ҳангоми нишебии додашудаи чуқурии канал ва маълум будани андозаҳои буриши зиндаи канал;

- муайян намудани нишебии чуқурии канал i ҳангоми сарфи додашуда ва маълум будани андозаҳои буриши зинда;

- муайян намудани буриши зинда b ва h ҳангоми сарфи додашуда ва чуқурии нишебӣ;

- муайян намудани андозаҳои буриши зинда (b ва h) ва нишебии чуқурии канал ҳангоми сарфи додашуда Q ва маълум будани суръат v .

$$Q = \omega \cdot v = \omega \cdot C \sqrt{Ri}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (1)$$

ки дар инҷо

ω – буриши зиндаи канал, м^2 ;

v – суръати миёнаи маҷро дар канал, $\text{м}/\text{с}$;

C – зариби (коэффитсиенти) Шези;

R – радиуси гидравликӣ, м ;

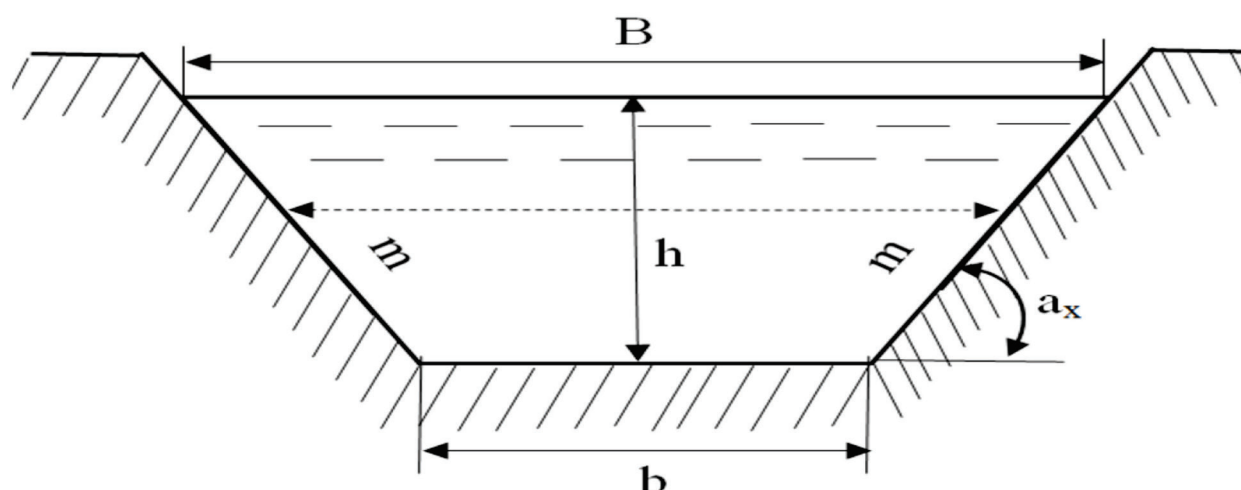
i – нишебии (майл) – и канал.

Дар амалия чуноне, ки таҷриба нишон медиҳад бештар каналҳои намуди буриши арзии трапетсиадалиро нисбат ба намудҳои росткунчаашакл, секунчаашакл ва параболаро истифода менамоянд.

Барои ҳисоб чузҳои гидравликии буриши арзии каналҳо инҳо мебошанд: масоҳати буриши зинда – ω ; периметри таршуда – χ ва радиуси гидравликӣ – R .

Чузҳои гидравликии буриши трапетсиадалӣ

Андозаҳои асосии буриши канали трапетсиадалиро бо бузургиҳои зерин ишора менамоем: b – паҳноии канал; h – чуқурии об дар канал; $m = \text{ctg} \alpha$ – коэффисиенти ҳамӣ (нишебӣ), $m = 0,5-3,0$; B – паҳноии канал дар сатҳи озоди об (паҳноии маҷро дар боло).



Расми 2. Буриши арзии канали намуди трапетсияшакл

Ҳангоми маълум будани андозаи буриши зиндаи канали трапетсиадалӣ, метавонем формулаҳои зеринро барои муайян кардани чузъҳои гидравликии буриши арзии каналҳои симметрӣ (тақорун) нимрӯ (намуди паҳлӯии) трапетсиадалӣ истифода намоем:

Масоҳати буриши зиндаи канал:

$$\omega = (b + mh) \cdot h \quad (2)$$

Периметри таршуда:

$$\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2} \quad (3)$$

ё ин ки

$$\chi = b + m' \cdot h \quad (4)$$

$$\text{дар ин ҷо} \quad m' = 2\sqrt{1 + m^2}$$

Радиуси гидравликӣ:

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{(b + mh) \cdot h}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}} \quad (5)$$

Паҳноии канал дар сатҳи озоди об, ё ин ки паҳноии маҷро дар боло:

$$B = b + 2m \cdot h \quad (6)$$

Барои муайян намудани унсурҳои намунаҳои дигари буриши арзии каналҳои ирригационӣ формулаҳои ҳисобӣ дар ҷадвали 1 оварда шудааст.

Ҷадвали 1. Ҳисоб намудани унсурҳои намунаҳои гуногуни каналҳо.

Намуди буриши канал	Масоҳати буриши зиндаи канал ω , (м ²)	Периметри таршуда χ , (м)	Радиуси гидравликӣ R , (м)	Паҳноии канал дар сатҳи озоди об B (м)	Зарифи (коэффитсиенти) Шези, C
	$\omega = m \cdot h^2$	$\chi = 2h\sqrt{1 + m^2} = m' \cdot h$	$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{m \cdot h^2}{\frac{2h\sqrt{1 + m^2}}{m'}} = \frac{m \cdot h}{m'}$	$B = 2mh$	$C = (1/n) R^{1/3}$
	$\omega = b \cdot h$	$\chi = b + 2h$	$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{b \cdot h}{b + 2h}$	$B = 2mh$	
	$\omega = \frac{2}{3} h B$	$\chi = B \left[1 + 2.67 \left(\frac{h}{B} \right)^2 - 6.4 \left(\frac{h}{B} \right)^4 \right]$	$R = \frac{2}{3} \cdot h$	$B = 2\sqrt{2Ph}$	
	$\omega = (b + mh) \cdot h$	$\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$	$R = \omega / \chi$	$B = b + 2m \cdot h$	

Тартиби ҳисоби канали трапетсияшакл (дериватсионӣ)

Канали буриши трапетсиадалӣ дорои нишебии умқ $i=0.0008$; паҳноӣ $b=2.0$ м; чуқурии об $h=1.2$ м; коэффитсиенти нишебӣ $m=1.0$ ва коэффитсиенти шахшулӣ $n=0.030$ мебошад. Муайян карда шавад сарфи оби канал ва суръати миёнаи он. Чузъҳои буриши гидравликии канали трапетсиадалиро муайян мекунем.

Масоҳати буриши каналро меёбем.

$$\omega = (b + m \cdot h) \cdot h = (2.0 + 1.0 \times 1.2) \times 1.2 = 3.84 \text{ м}^2$$

Периметри таршударо меёбем.

$$\chi = b + m' \cdot h = 2.0 + 2.83 \times 1.2 = 5.40 \text{ м}$$

$$m' = 2\sqrt{1 + m^2} = 2\sqrt{1 + 1.0^2} = 2.83$$

Радиуси гидравликиро меёбем.

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{3.84}{5.40} = 0.71 \text{ м}$$

Коэффитсиенти Шезиро (C)-ро аз руи формулаи Павловский ҳангоми $n=0.030$

ва радиуси $R=0.71$ м будан ҳисоб мекунем:

$$C = \frac{1}{n} \times R^y = \frac{1}{0.030} \times 0.71^{0.257} = 30.5$$

$$y = 2.5\sqrt{n} - 0.13 - 0.75 \times \sqrt{R} \times (\sqrt{n} - 0.10) = 2.5\sqrt{0.030} - 0.13 - 0.75 \times \sqrt{0.71} \times (\sqrt{0.030} - 0.10) = 0.257$$

Модули сарфро муайян мекунем:

$$K = \omega C \sqrt{R} = 3.84 \times 30.5 \sqrt{0.71} = 99$$

Сарфро муайян мекунем.

$$Q = K \times \sqrt{i} = 99 \times \sqrt{0.0008} = 2.82 \text{ м}^3/\text{с}$$

Суръати миёнаро муайян мекунем.

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{2.82}{3.84} = 0.73 \text{ м/с}$$

Ҷадвали 1. Андозаҳои асосии канали дериватсионӣ

b (м)	h (м)	m	n	i	(м^2)	(м)	R (м)	C	K	Q	
2.0	1.2	1.0	0.030	0.0008	3.84	5.40	0.71	30.5	99	2.82	0.73

Хулоса

Усули тахминии муайян кардани чузъҳои гидравликии каналҳои барои ирригатсия пешбинӣ гардида нишон медиҳанд, ки ҳисоб намудани нишондодҳо барои баррасии дигар масъалаҳои вобаста ба истифодабарии каналҳо мусоидат мекунад.

Адабиёт

1. Фазылов А. Р., Кобулиев З. В. Совершенствование управления технологическими процессами и техническими средствами водных объектов в горно-предгорной зоне Таджикистана // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. – 2014. – Т. 14. – №. 7. – С. 119-123.
2. Косиченко Ю. М., Угроватова Е. Г. Исследование гидравлически выгодного профиля полигонального сечения крупных каналов и их гидравлических сопротивлений // Природообустройство. – 2014. – №. 2. – С. 85-89.
3. Железняков Г. В. Пропускная способность русел каналов и рек. – Гидрометеиздат, 1981.
4. Штеренлихт Д. В. Гидравлика. – 1984.
5. Зегжда А. П. Гидравлические потери на трение в каналах и трубопроводах. – М.: Госстройиздат, 1975. – 278 с.
6. Комов В. А. Гидравлика // М., Л. – 1951. – С. 230-233.
7. Даниленко Н. В., Киренчев А. Г. Теорема о вихреобразовании газовых и жидких сред // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. – 2022. – №. 3. – С. 47-73.
8. Петриченко М. Р., Петроченко М. В. Гидравлика свободноконвективных течений в ограждающих конструкциях с воздушным зазором // Magazine of Civil Engineering. – 2011. – №. 8. – С. 51-56.
9. Чуйко В. Е., Исмухамбетова А. С. Разработка электронного учебно-методического комплекса для бакалавров инженерных направлений подготовки по дисциплине «Гидравлика». – 2022.
10. Лебедева Г. И., Лебедев Е. П., Веренич И. А. Математическое моделирование в гидравлике. – 2014.

ПРОБЛЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ (ЭЛЕМЕНТОВ) ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ КАНАЛА

Пирова Ш.Х.^{1,*}

^{1,*}Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

*Автор корреспондента: E-mail: samsiapirova@gmail.com

Аннотация. В данной статье приведены общие сведения для расчета элементов оросительных каналов. Выяснилось, что в Республике Таджикистан имеется около 6000 километров оросительных каналов,

из которых 39% покрыты бетоном или построены с использованием железобетонных лотков. В статье рассматривается порядок расчета элементов канала в зависимости от их типа и приводится пример расчета.

Ключевые слова: канал, орошение, тип канала, сечения канала, трапецевидное, прямоугольное, параболическое, поперечное сечение.

THE PROBLEM OF DETERMINING HYDRAULIC COMPONENTS (ELEMENTS) OF CHANNEL CROSS-SECTION

Pirova Sh.H.^{1,*}

^{1,*}Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi

*Corresponding Author. E-mail: samsiapirova@gmail.com

Abstract. This article provides general information for calculating the components of irrigation channels is provided. It was found that there are about 6 thousand kilometers of irrigation channels in the territory of the Republic of Tajikistan, of which 39% are covered with concrete or constructed using reinforced concrete channels. The article discusses the procedure for calculating the components of channels depending on their type and provides an example of calculation.

Keywords: channels, irrigation, channels type, channels components, trapezoidal, rectangular, parabolic, cross-section.

Маълумот дар бораи муаллиф: Пирова Шамсия Хотамовна - муаллими калони ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ. Тел.: 918817892, E-mail: samsiapirova@gmail.com

Сведения об авторе: Пирова Шамсия Хотамовна- ст. преподаватель ТТУ имени акад. М.С. Осими Тел.: 918817892, E-mail: samsiapirova@gmail.com

Information about the author: Pirova Shamsia Khotamovna- Senior Lecturer TTU named after acad. M.S. Osimi. Phone: 918817892 E-mail: samsiapirova@gmail.com

УДК 536.6+626/627

РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОНТРОЛЯ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ВДОЛЬ ИОНАХШСКОГО РАЗЛОМА

Давлатшоев С.К.^{1*}, Шамсуллоев Ш.А.

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

*Автор корреспондент: Email: salomatda@list.ru

Аннотация. Одним из вариантов защиты оголовка солевого пласта от выщелачивания и суффозии при строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений является создание высокоплотной уплотнительной и козырьковой цементации оголовка соли, в результате, которого решаются задачи снижения скорости фильтрационных потоков вдоль солевого пласта, предотвращение развития механической и химической суффозии. В статье рассматривается разработка нового метода определения фильтрационных характеристик зацементированных пород оголовка солевого пласта в теле Ионахшского разлома, основанного на изучении изменения теплового поля Земли в случае формирования пути сосредоточенной фильтрации вдоль разлома.

Ключевые слова: метод контроля качества, солевой пласт, уплотнительная цементация, козырьковая цементация, сосредоточенная фильтрация, плотина, разлом, эмпирические уравнения.

В 400-500 м от оси плотины Рогунской ГЭС, в основании верхней упорной призмьы плотины Рогунской ГЭС по Ионахшскому разлому выходит наружу солевой пласт. Поверхность пласта соли просле-

живается на глубине 20 - 25 м ниже уреза реки и в бортах ущелья на уровне грунтовых вод [1].

Надсолевое пространство, где соль выщелочена, заполнено брекчией. Она

представляет собой коричневатую-красную, местами серую, песчано-суглинистую, плотную, загипсованную массу с включением обломков аргиллита и гипса размером от 1-2 мм до 3-5 см. Встречаются обломки гипса и ангидрита до 30 см. Мощность брекчии на отметках 1010-1020 м изменяется от 1-3 м до 15-20 метров, непосредственно над солью заполнено еще не уплотненной массой. На это указывают резкие повышения скорости бурения, а также провалы бурового инструмента [1].

Одним из вариантов защиты оголовка солевого пласта от выщелачивания и суффозии при строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений является создание высокоплотной уплотнительной и козырьковой цементации оголовка соли, в результате, которого решаются задачи снижения скорости фильтрационных потоков вдоль солевого пласта, предотвращение развития механической и химической суффозии [1].

На сегодняшний день контроль качества уплотнительной и козырьковой цементации выполняется известными методами изъятие керн из контрольных скважин с целью обнаружения следов цемента и гидропробиванием контрольных скважин для определения фильтрационных характеристик зацементированных пород.

В результате гидравлического опробования зацементированных пород оголовка соли в контрольных скважинах, установлено, что в результате цементации исходная водопроницаемость пород уменьшилась в несколько раз, а обеспеченность заданного в проекте значения удельного водопоглощения $q = 0,05$ л/мин m^2 составляет 80%.

В данной работе рассматривается разработка нового метода определения фильтрационных характеристик зацементированных пород оголовка солевого пласта в

теле Ионахшского разлома, основанного на изучении изменения теплового поля Земли в случае формирования путей сосредоточенной фильтрации вдоль разлома.

Слежение за изменением теплового поля Земли позволяет выявить факторы, влияющие на нарушение теплообмена между Земной корой и атмосферным воздухом. Также контроль изменения теплового поля в основании гидротехнических сооружений можно использовать для определения путей сосредоточенной фильтрации и их ликвидации на самом начальном этапе их формирования [2, 3].

В 2011 году проведены геотермические исследования по стандартной методике [4] в левобережной части основания плотины Рогунской ГЭС по обеим бокам Ионахшского разлома [5].

Общее количество пьезометров, задействованных в исследованиях 29. Из них в 11 пьезометрах, по техническим причинам, исследование провести не удалось. Всего за 2011 год проведено 39 циклов термокаротажных исследований [6]. Схема расположения створов и местоположение пьезометров приведены на рисунке 1.

По данным термометрических исследований в пьезометрических скважинах П-30, П-31, П-31а, П-32, П-33, П-35, П-36, П-7, П-21, П-23, П-23, П-27, П-29 и П-29а, с целью выявления процессов теплопереноса (фильтрации воды) в левобережной части Ионахшского разлома после проведения уплотнительной и козырьковой цементации оголовка солевого пласта были исследованы изменения распределения температуры по стволам пьезометрической сети в течение годового периода [7].

На рисунках 2 - 3 приведены графики распределения температуры в течение годового сезона проведенные в пьезометрической сети.

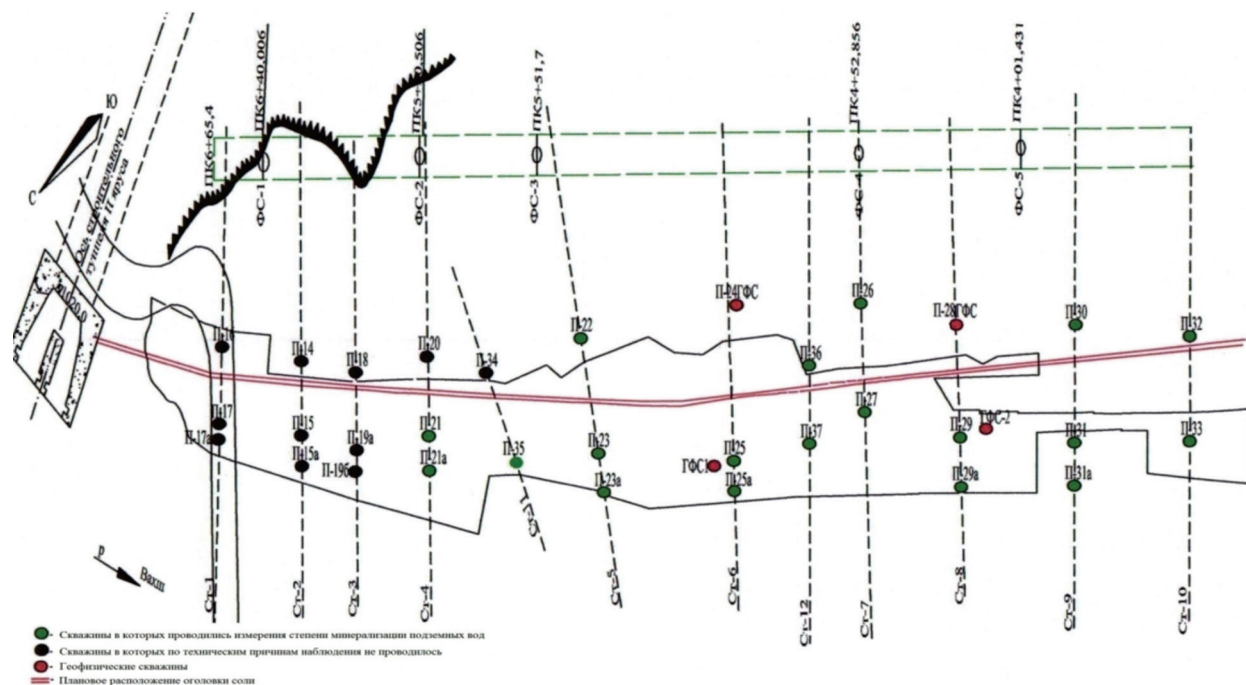


Рисунок 1. План расположения пьезометрических скважин на участке левого берега солевого пласта р. Вахш.

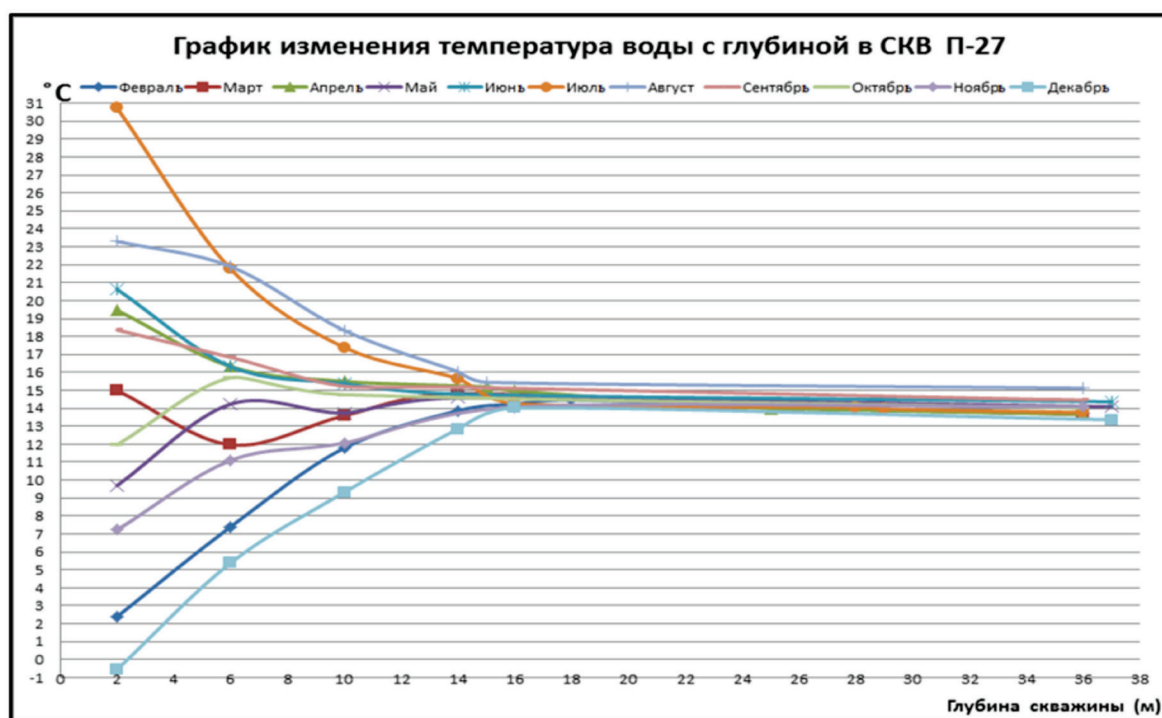


Рисунок 2. График изменения температуры воды в П-27.

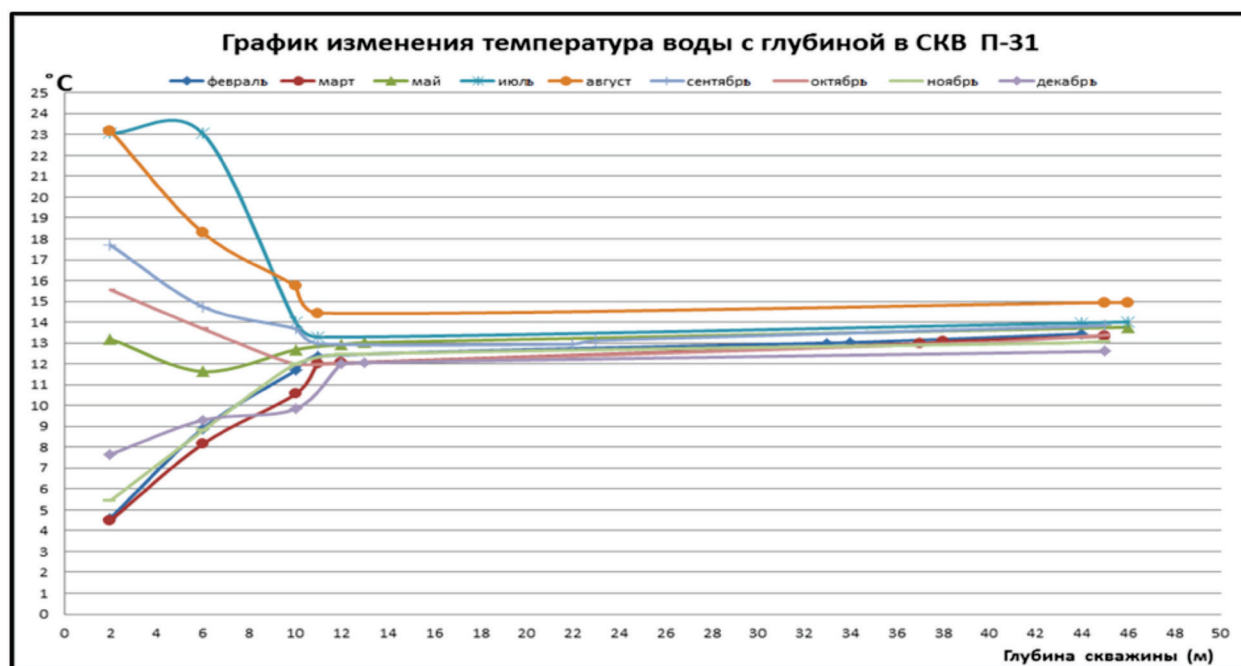


Рисунок 3. График изменения температуры воды в П-31.

Результаты исследований в пьезометрической сети показывают, что в пьезометре П-27 (рисунки 2) изменения температуры по глубине идёт затухающим темпом в сторону уменьшения, причиной, которого являются некачественная цементация оголовка солевого пласта, по которому сформировался путь сосредоточенных потоков фильтрации.

Качественная уплотнительная и козырьковая цементация оголовка солевого пласта по Ионахшскому разлому и улучшение фильтрационной характеристики можно увидеть на графике распределения температуры, в пьезометрах приведенной на рисунке 3.

Наблюдения за изменением температуры воды в пьезометрических скважинах в левобережной части Ионахшского разлома (солевой пласт) позволяют контролировать изменения температурного поля по глубине, определить скорости фильтрации и найти пути сосредоточенной фильтрации. Чем больше наклон изменения температуры, тем сильнее фильтрация.

Температурный режим основания грунтовых плотин зависит от инженер-

но-геологической особенности горных пород основания и климатических условий: температуры воздуха и воды, количества солнечной радиации, теплового состояния основания и теплового режима водохранилища. Температурный режим основания плотины зависит от теплового состояния основания и теплового режима водохранилища. Влияние температуры воздуха и солнечной радиации на основание высоконапорной плотины исключено.

Изучение фильтрации воды в грунтах и различных пористых материалах представляет большой практический интерес при решении многих инженерных задач в области водоснабжения, водоотведения и гидротехники.

Движение грунтовых вод в песках и водопроницаемых глинистых грунтах является ламинарным. Турбулентное движение грунтовых вод может формироваться только в крупнозернистых грунтах (например, в гравии, гальке), а также в случае каменной наброски, трещиноватой скалы и появления путей сосредоточенной фильтрации.

Применение теории тепломассопереноса позволяет определить коэффициент и скорость фильтрации при ламинарном и турбулентном характере движения жидкости. Массоперенос в обязательном порядке сопровождается теплопереносом. Теплоперенос при ламинарном и турбулентном движении жидкости зависит от скорости фильтрации. Чем больше скорость фильтрации, тем больше скорость теплопереноса и скорость расширения зоны пониженной температуры [8-10].

Движение фильтрационных вод через грунты, скальные горные породы и вдоль

Ионахшского разлома сопровождается теплопереносом из окружающей породы. Если измерять температуру в стволе пьезометра, наблюдается минимум значения температуры равной температуре теплоносителя $t(i)=t_{тн}$ (рисунок 4)..

При постепенном повышении напора в водохранилище возможно появление зоны сосредоточенной фильтрации в основании плотины, вследствие чего теплоперенос ускоряется, происходит снижение температуры до температуры теплоносителя $t_{тн}$. Теплоносителем в данном случае является фильтрующаяся вода.

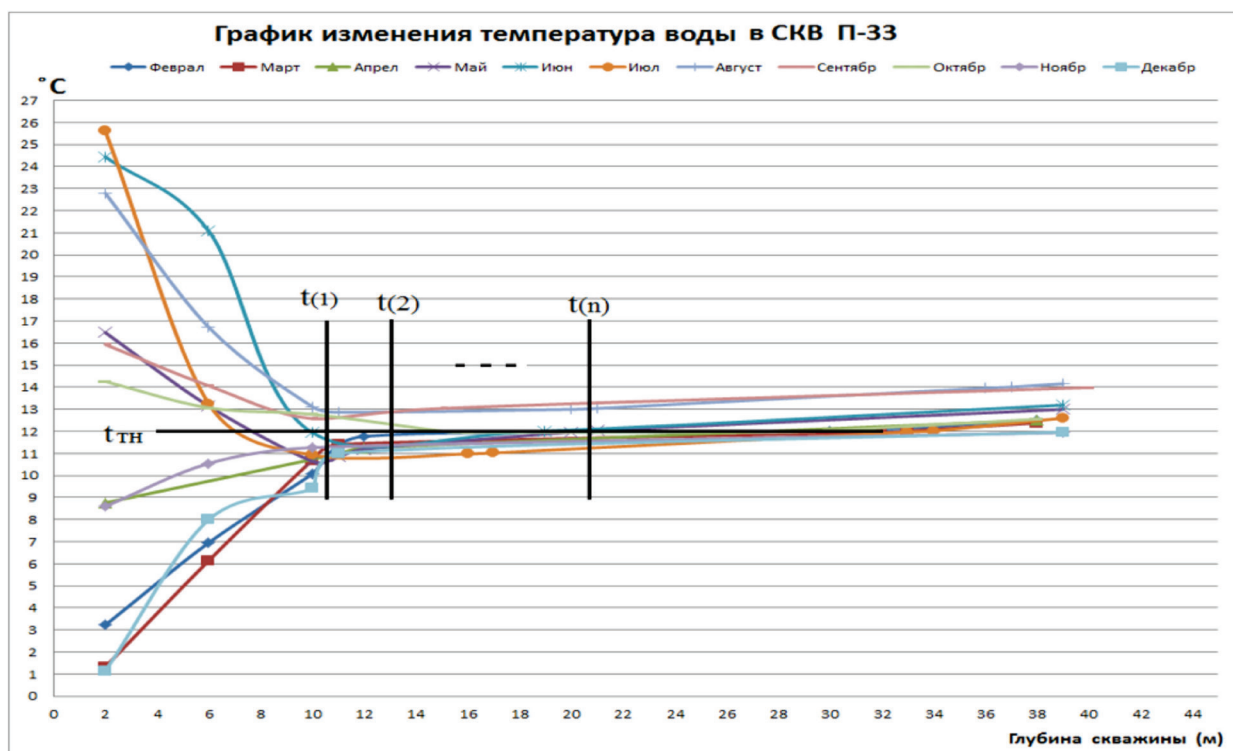


Рисунок 4. График изменения температуры воды в П-33.

Применение теории тепломассопереноса и выбор створа наблюдения из солевой штольни, проходящий параллельно вдоль Ионахшского разлома в основании плотины, позволяет определить коэффициент фильтрации следующим образом:

$$K_i = \frac{\Delta h_{тн}}{\Delta T}$$

где, $\Delta h_{тн}=h(i+1)-h(i)$ – интервал выравнивания температуры до температуры

теплоносителя при повышении напора в водохранилище на величину ΔH_i ;

$\Delta T=T(i+1)-T(i)$ – время, в течение которого фиксируется значение $\Delta h_{тн}$;

$i = 1 \div n$ – индекс выведения эмпирического уравнения.

Движение фильтрационных потоков и теплоперенос вдоль солевого пласта по Ионахшскому разлому можно описать следующим уравнением:

$$t(i) = a h(i) + b,$$

где, t – температура,

h – расширение зоны минимальной температуры равной температуре теплоносителя,

a , b – коэффициенты эмпирического уравнения,

$i = 1 \div n$ – индекс измерения и вывода эмпирического уравнения.

Система для определения фильтрационных характеристик и скорости сосредоточения водного потока вдоль Ионахшского разлома (рисунок 5) состоит из вертикальной скважины наблюдаемого створа 1 пробуренной из солевой штольни с железобетонной обделкой 2 вниз, куда вмонтированы и зацементированы 5 температурных датчиков с шагом 10 мет-

ров 3, информационные выходы которых подключены к блоку беспроводной передачи данных находящемуся возле скважины в солевой штольне 4.

В солевой штольне, параллельно идущему Ионахшскому разлому для полного контроля можно на несколько створов организовать наблюдения за изменением температуры в вертикальной плоскости по глубине (рисунок 5). Поскольку температурное поле в основании туннеля является стабильным, где внешние источники тепла не влияют на его изменение, кроме теплоносителя (вода), можно на несколько порядков точнее измерить скорость сосредоточенного потока воды.

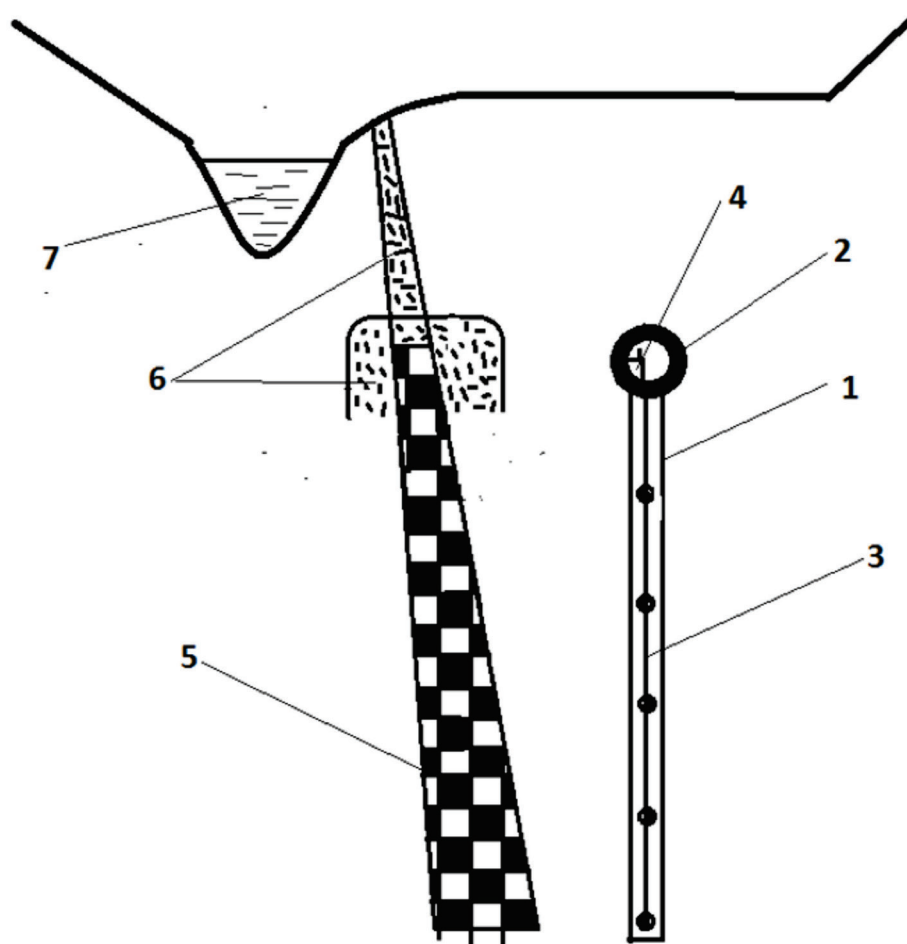


Рисунок 5. Схема размещения температурных датчиков в скважине пробуренное из солевой штольни (1-скважина обсаженная металлическим корпусом, 2-солевая штольня с железобетонной обделкой, 3- температурные датчики в количестве 5 шт., с шагом 10 м, 4-беспроводной блок передачи данных, 5- солевой пласт, 6- уплотнительная и козырьковая завеса, 7- река Вахш).

Поскольку в схеме наблюдений за температурой заложены 5 датчиков температуры с шагом 10 м, то значение между точками определяем эмпирическим уравнением:

$$t(i, j) = a_i h(i, j) + b_i, \quad (1)$$

где, a_i , b_i – коэффициенты эмпирического уравнения,

h – глубина наблюдения по скважине,

t – температура,

$i = 1 \div n$ – индекс вывода эмпирического уравнения,

$j = 1 \div 3$ – индекс уровня вывода эмпирического уравнения.

Решая уравнение (1), можно определить и проследить зону расширения выравнивания температуры до температуры теплоносителя $t_{\text{тн}}$:

$$h(i, j) = \frac{t(i, j) - b_i}{a_i}, \quad (2)$$

Таблица 1. Алгоритм последовательного вывода эмпирического уравнения и его использование.

№ п/п	Количество точек	Эмпирические уравнения	Решение	$\Delta h_{\text{тн}}$ при $T(i+1) - T(i)$
1	T1÷T5	$t(i, 1) = a_i h(i, 1) + b_i$	$h(i, 1) = \frac{t(i, 1) - b_i}{a_i}$	$h(i+1, 1) - h(i, 1)$
2	T2÷T5	$t(i, 2) = a_i h(i, 2) + b_i$	$h(i, 2) = \frac{t(i, 2) - b_i}{a_i}$	$h(i+1, 2) - h(i, 2)$
3	T3÷T5	$t(i, 3) = a_i h(i, 3) + b_i$	$h(i, 3) = \frac{t(i, 3) - b_i}{a_i}$	$h(i+1, 3) - h(i, 3)$
4	T4÷T5	$t(i, 4) = a_i h(i, 4) + b_i$	$h(i, 4) = \frac{t(i, 4) - b_i}{a_i}$	$h(i+1, 4) - h(i, 4)$

Предлагаемый метод и система наблюдений позволяют определить скорости расширения зоны пониженной температуры в зоне оголовка солевого пласта, свидетельствующий о формировании сосредоточенной фильтрации вдоль Ионахшского разлома представляющий опасность для растворения оголовка солевого пласта. Поскольку температурное поле в основании штольня является стабильным, где внешние источники тепла

где, $t(i, j) = t_{\text{тн}}$,

a_i , b_i – коэффициенты эмпирического уравнения,

$h(i, j)$ – глубина выравнивания температуры до температуры теплоносителя $t_{\text{тн}}$.

Когда температура теплоносителя достигнет точки T1, то при выведении эмпирического уравнения следующего уровня, точка T1 исключается. Таким образом, постепенное увеличение зоны температуры теплоносителя накрывающее точку T1 до точки T5, последовательно температурные точки при выведении уравнения следующего уровня исключаются.

В таблице 1 приводится схема и алгоритм последовательного вывода эмпирического уравнения, и его использование.

не влияют на его изменения, кроме теплоносителя (водного потока), то можно на несколько порядков точнее определить зоны формирования сосредоточенной фильтрации.

Метод определения фильтрационных характеристик и обнаружения путей сосредоточенной фильтрации в оголовке солевого пласта вдоль Ионахшского разлома можно применить, при контроле качества высокоплотной уплотнительной и

козырьковой цементации оголовка солевого пласта.

Выводы

На основании проведенных исследований и обработки материалов исследований можно сделать следующие выводы:

1. В результате гидравлического опробования зацементированных пород оголовки соли в контрольных скважинах, установлено, что в результате цементации исходная водопроницаемость пород уменьшилась в несколько раз, а обеспеченность заданного в проекте значения удельного водопоглощения $q = 0,05$ л/мин m^2 составляет 80%.

2. Контроль температуры воды по стволу пьезометрических скважин вдоль Ионахшского разлома, где по нему выходит солевой пласт может быть использован для определения фильтрационных характеристик вмещающих породы оголовка солевого пласта и формирование путей сосредоточенной фильтрации.

3. Разработанный метод, система и выведенная формула коэффициента фильтрации позволяет определить скорость фильтрации и пути сосредоточенной фильтрации вдоль Ионахшского разлома, где можно определить качество уплотнительной и козырьковой цементации оголовка соли цементным раствором.

Литература

- Дополнительные проработки, уточняющие материалы проекта по оценке технико - экономических показателей ГЭС при уменьшении емкости водохранилища. 1079 - Т150 ДП. Рогунская ГЭС на реке Вахш. Общая пояснительная записка. Ташкент, 1993, 907 с.
- Давлатшоев С.К. Метод определения коэффициента фильтрации по изменению теплового состояния основания плотины. Журнал «Гидротехническое строительство», №11, 2023, С.47-55. DOI:10.34831/EP/2023/25/71/008.
- S. K. Davlatshoev. Method for determining the filtration coefficient based on changes in the thermal state of the dam foundation. Power Technology and Engineering. Vol. 58, No. 1, May, 2024. Pp. 32 – 38. DOI 10.1007/s10749-024-01793-z.
- Комплексные инженерно-геофизические исследования при строительстве гидротехнических сооружений / А.И. Савич, Б.Д. Куюнджич, В.И. Коптев и др. -М., Недра, 1990, 462 с.
- Давлатшоев С.К., Сафаров М.М. Кондуктометрический способ и аппаратура измерения уровня минерализации в пьезометрических сетях [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Вестник технологического университета. -Казань, Т. 20, №18, 2017, С.45-51.
- Давлатшоев С.К., Кобулиев З.В., Сафаров М.М. Измерения диапазона изменения температурного поля во времени в основании плотины Рогунской ГЭС // В сборнике: Современные методы и средства исследований теплофизических свойств веществ. Сборник трудов V Международной научно-технической конференции. 2019, С. 293-301.
- Давлатшоев С.К. Измерения теплового потока в пьезометрических скважинах. Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава (научный журнал), серия естественных наук, 2/4 (105) 2022, С. 38-43.
- Давлатшоев С.К., Тоирзода С.Т., Шамсуллоев Ш.А., Мирзоева Б.М., Чакалов С.Х. Метод контроля изменения скорости водного потока и гидравлического режима в гидротехнических туннелях / Водные ресурсы, инновация, ресурсо- и энергосбережения // Материалы Межд. н-практ. конференции. –Таджикистан, Душанбе, 6-7 октября 2023 г. , С.162-168.
- Давлатшоев С.К., Тоирзода С.Т., Шамсуллоев Ш.А., Мирзоева Б.М., Чакалов С.Х. Методы и технологии мониторинга изменения скорости потока в гидротехнических туннелях. Журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» - Душанбе: ИМОГЭЭ, 2023, №3(3), С. 67-73.
- Давлатшоев С.К., Шамсуллоев Ш.А., Тоирзода С.Т., Мирзоева Б.М., Чакалов С.Х. Метод контроля фильтрационных потоков в основании плотин. Журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология» - Душанбе: ИМОГЭЭ, 2023, №3(2), С. 73-82.

КОРКАРДИ УСУЛИ НАЗОРАТИИ РОҲҲОИ МУТАМАРКАЗИ ПОЛОИШӢ ҚАД-ҚАДИ ТАРҚИШИ ИОНАХШ

Давлатшоев С.К.^{1*}, Шамсуллоев Ш.А.¹

¹Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ.

*Муаллифи масъул. Email:salamatda@list.ru

Шарҳи мухтасар. Яке аз вариантҳои аз шустаишавӣ ва суффозия муҳофизат намудани сарғаҳи қабати намак ҳангоми сохтан ва истифодабарии иншоотҳои гидротехникӣ цементкунони сарғаҳи қабати намак бо зичии баланд мебошад, ки дар натиҷаи он масъалаҳои паст кардани суръати чараёни полоишӣ қад-қад қабати намак ва пешгирии инкишофи суффозияи механикӣ ва химиявӣ ҳал карда мешаванд. Дар мақола коркарди усули нави муайян кардани хусусиятҳои полоишии чинсҳои цементишудаи сарғаҳи қабати намак дар бадани шикасти Ионахш дар асоси таҳқиқи тағйироти майдони гармии Замин дар сурати ба вуҷуд омадани роҳҳои мутамаркази полоишӣ дида баромада шудааст.

Калидвожаҳо: усули назорати сифат, қабати намак, сементатсияи фишурдашуда, сементатсияи бомӣ, полоишӣ мутамарказӣ, сарбанд, шикаст, муодилаи эмпирикӣ.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR MANAGING CONCENTRATED FILTRATION ALONG THE IONAKH FAULT ZONE

Davlatshoev S.K.^{1,*}, Shamsulloev Sh.A.

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

*Corresponding author. Email:salamatda@list.ru

Abstract. One of the approaches to protect the salt layer cap from leaching and suffusion during the construction and operation of hydraulic structures is the creation of high-density sealing and umbrella-type cementation of the salt cap. This process addresses the issues of reducing the velocity of filtration flows along the salt layer and preventing the development of mechanical and chemical suffusion. The article presents the development of a new method for determining the filtration characteristics of cemented rocks at the salt layer cap within the Ionakhsh fault zone. This method is based on the study of changes in the Earth's thermal field in the event of the formation of a concentrated filtration pathway along the fault.

Keywords: quality control method, salt layer, sealing cementation, umbrella cementation, concentrated filtration, dam, fault, empirical equations.

Сведения об авторах: Давлатшоев Саломат Каноатшоевич – к.т.н. заведующий лаборатории «Энергетика, ресурсо- и энергосбережения» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ. Тел. (+992)919604041, Email:salamatda@list.ru, Шамсуллоев Шодмон Абдуллоевич – соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, Email:shamsulloev9292@mail.ru.

Маълумот оиди муаллифон: Давлатшоев Саломат Каноатшоевич – н.и.т., мудири озмоишгоҳи «Энергетика, захира- ва энергиясарфанамоӣ» -и Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел.: (+992) 919604041, Email: salomatda@list.ru, Шамсуллоев Шодмон Абдуллоевич – унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Email: shamsulloev9292@mail.ru.

Information about the authors: Davlatshoev Salomat Kanoatshoevich - Ph.D., Head. Laboratory of Energy Resources and Energy Saving of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone: (+992) 919604041, Email: salomatda@list.ru, Shamsulloev Shodmon Abdulloevich - applicant Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology NAST, Email:shamsulloev9292@mail.ru.

ЧАНБАҲОИ ИҚТИСОДӢ-ГЕОГРАФИИ ЗАХИРАҲОИ ОБӢ ВА ЗАМИНИИ МАДМ

Ҳақбердиев Ҳ.М.^{1*}

¹Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С.Айнӣ

*Муаллифи масъул: E-mail: hakberdiev8989@mail.ru

Шарҳи мухтасар. Яке аз манбаъҳои асосии обҳои дохилии Ҷумҳурии Тоҷикистон заминҳои обӣ ва дарёҳо мебошанд. Бояд гуфт, ки сарфи назар аз пешрафтагии то имруз ба даст овардашуда дар масъалаи таъмини аҳолии оби нушоки ва нигоҳ доштани тозагии он ҳануз якқатор проблемаҳо мавҷуданд, ки тадбирҳои иловагиро талаб мекунанд. Дар солҳои 30-уми асри гузашта ба қор андохтани захираҳои обу замин оғоз ёфта буданд. Иқлими деҳаи Мадм аз таъсири мутақобилаи омилҳои гуногуни географӣ барои рушди кишоварзӣ гидроэнергетикӣ хело мусоид аст. Деҳаи Мадм, ки яке аз деҳаҳои дурдасттарин ба шумор меравад, вобаста ба барномаи қарорҳои ҳукумати мамлакат, инчунин мавҷуд будани шароити мусоиди ҷуғрофӣ иқтисодӣ бо имкониятҳои географии худ метавонад дар соҳаи истеҳсолот ва хоҷагии қишлоқ боис аст, ки рушд ёбад.

Калидвожаҳо: Мадм, пирях, дарё, иқлим, хоҷагии қишлоқ, экология, география, об, захираҳо, фонди замин, гидроэнергетика.

Деҳаи Мадм дар ҳудуди ноҳияи Айнӣ, вилояти Суғди Ҷумҳурии Тоҷикистон, ҷойгир шуда, яке минтақаи аҳамияти географӣ-иқтисодӣ дошта маҳсуб меёбад. Захираҳои обӣ ва заминии деҳа дар рушди кишоварзӣ ва таъмини аҳолии маҳсулоти хоҷагидорӣ нақши муҳим доранд. Ҳамзамон деҳаи Мадм яке аз объектҳои географии мамлакат маҳсуб меёбад, ки моро зарур аст аз нигоҳи географӣ иқтисодӣ омӯзиш гузаронем.

Мавқеи географӣ: деҳаи Мадм [3] (назари таърихӣ Бутамони миёна ва ё маркази Бутамон [6]) дар қисмати шимолу ғарбии ноҳияи Айнӣ дар байни қаторкуҳҳои Зарафшон ҷойгир шудааст. Деҳа дар байни координатаҳои 39,4167570 а.ш (арзи шимолӣ) ва 68,3362480 т.ш (тули шарқӣ) мавқеи ғирифтааст. Сарҳади деҳа мураккаб инкишоф ёфта, дар давраҳои гуногуни геологӣ ва хусусиятҳои ба худ хоси геоморфологӣ дар давоми миллионҳо сол ташаккул ёфтааст. Заминҳои қисмати шимолӣ муаллиқ ба ҳавзаи дарёи Зарафшон ва заминҳои қисмати ҷанубӣ бошанд, ба қаторкуҳҳои Зарафшон тааллуқ доранд.

Масоҳати деҳаи Мадм 97,3 км² муайян шудааст. Аз руи тақсими ҳудудӣ, сисӣ – маъмурии Ҷумҳурии Тоҷикистон ва мавқеи географии Мадм аз шимол ба масофаи 7,5 км бо соҳилҳои дарёи Зарафшон, аз ҷануб дар масофаи 5,6 км бо қаторкуҳҳои Зарафшон, аз ғарб дар масофаи 16,06 км бо деҳаи Вашан ва дар қисмати шарқӣ дар масофаи 21,6 км бо деҳаҳои Хайробод ва Кум ҳаммарз мебошад. Тулии умумии сарҳади Мадм 50,3 км муайян шудааст.

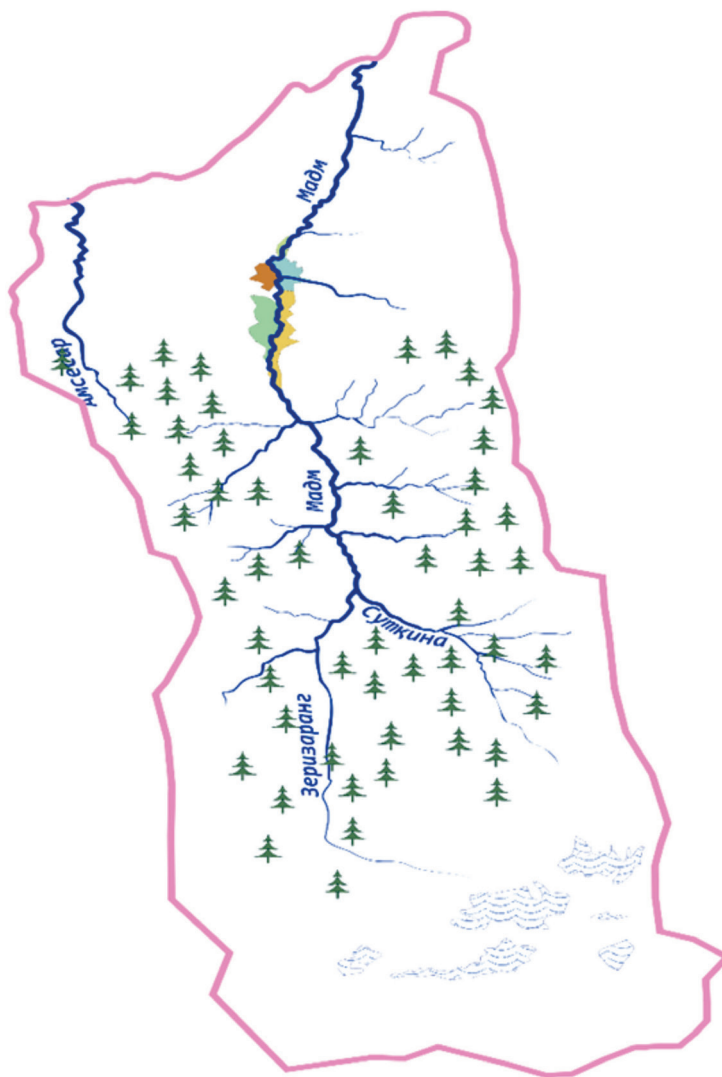
Фонди умумии замини деҳа бошад ба 9 781,93 га баробар аст, ки ҳамаи инҳо ба бешазорҳо, ҷангалзорҳо, чарогоҳҳо, заминҳои обӣ, лалмӣ, ва боғдориву пиряху дарёҳо тақсим шудаанд.

Масоҳати умумии боғу даштҳои деҳа бошанд қариб 60 гектарро ташкил дода ҳаҷми умумии онҳо ба 6 км² баробар мебошанд. Аз рӯи нуқтаи назари географии ва фазои иқлими мусоид дар ҳудуди деҳаи Мадм боғдори низ яке аз соҳаҳои афзалиятнок доништа шуда, зиёда аз 6% ҳудуди деҳаро боғҳо ташкил медиҳанд.

Боғу даштҳо асосан дар қисматҳои шимолӣ ва марказии деҳа ҷойгир шуда-

анд. Дар қисматҳои шимолии деҳа боғҳои Дашти поён, Дашти Боло, Бук, Антароқ, даҳани Об бештар буда дар қисматҳои марказии деҳа боғҳо бештар дар но- ваи Қузӣ, Мағок, боғи Мактаб, Чашмаи Хоро, ноаи Нурбоғ дар соҳаҳои хоҷагии халқи деҳа хело аҳамиятнок доништа ме- шаванд.

Дар соҳаҳои боғдории деҳаи Мадм бештар парвариши себ, ангур, шафтолу, зардолу, тут, нок ва ғайраҳо бештар аф- залият доранд, ки аз ҷиҳати сифатнокӣ ва лаззат нисбат ба дигар минтақаҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон фарқи калон до- ранд.



Расми 1. Харитаи тақсими сиёсӣ-маъмурии деҳаи Мадм.

Чангалзорҳо бошад 3 171,45 га ва 30,2 км² муайян шудаанд, ки нисбат ба дигар зерсохторҳои фонди замини деҳа ҳудуди зиёдро фаро гирифта қариб 30% - и масоҳати деҳаро чангалзорҳо иҳота карда- анд. Инчунин дар мавзеҳои дашту беша- зорҳо ва чангалзори чарогоҳҳо шумораи зиёди чорво аҳамиятнок мебошанд.

Заминҳои даштиву бешазори бошанд дар доманакуҳҳои қисматҳои марказӣ ва шимолии деҳа бештар бартарият доранд, ки масоҳати умумии онҳо 24,83 км² ва ё 2 483,08 га муайян шудаанд. Аз ин нишон- диҳанда 666,09 гектари онро заминҳои лалмӣ ва киштзорҳо ташкил медиҳанд. Заминҳои лалмӣ бештардар мавзеҳои

пушти Қазноқ, кули Саид, санги Душо-
ха, пастии Чавшан, Қулоб, бурси Нав-
рӯз, пушти Вешканд, Гаҷако, тали Гадо-
ён даҳани Сухто ва ғайраҳо парвариши
киштзорҳоро ба роҳ монда буданд, ки
худудан дар қисматҳои марказӣ, шимолу
шарқӣ ва шимолу ғарбӣ ҷойгир шудаанд.
Дар заминҳои лалмӣ деҳа бештар зағир,
ҷавдор, ва гандум кишт мекунанд.

Дар умум заминҳои обёришавандаи
кории деҳаи Мадм (ба ғайр аз боғҳо) беш
аз 80 гектарро ташкил медиҳанд, ки ба-
рои истифода маҳсулотҳои кишоварзӣ
хело қулай ва самарнок арзёбӣ мешавад.

Кишоварзӣ: Замини деҳаи Мадм барои
кишт ва истифодаи хоҷагидорӣ хеле му-
вофиқ аст. Ба назар мерасад, ки заминҳо
дар ин минтақа барои кишти пӣёз, кар-
тошка, қарам, помидор, лаблабу, сирпӣёз
гандум, ҷав, зағир, арзан қуноқ ва дигар
маҳсулоти ниёзи аҳоли марбут ба соҳаҳои
хоҷагии кишлоқ ва ё кишоварзӣ исти-
фода мешаванд. Аз давраи Шӯравӣ то
солҳои 2000 – ум дар заминҳои обии деҳа
парвариши тамоқу ва табак парвариш
карда мешуданд. Дар шароити ҳозира ва
баъди солҳои 2000 – ум бошад парвариши
тамоқу табак пурра аз байн рафт.

Ғарчанде, ки ҳудуди бештари деҳаи
Мадмро қуҳҳо ва доманақуҳҳо ихота кар-
да бошанд ҳам аммо барои ҳосилнокӣ
хело мусоид мебошанд. Замини деҳаи
Мадм аз ҳосилнокии истеҳсолӣ бой ме-
бошад. Мавҷудияти заминҳои обӣ ва
самти равона кардани он барои кишт ва
боғдорӣ, ки дар ин минтақа бехтарин на-
тиҷаҳоро медиҳад, аҳамияти калон дорад.

Пиряхҳо: - Дар шароити муосир ма-
соҳати умумии ҳавзаҳои пиряхҳои Мадм
бошанд ба 664,92 га ва ё 6,65 км² муайян
шудаанд, ки ин нишондиҳанда дар адаби-
ётҳои географии давраи Шӯравӣ 9,57 км²-
ро ташкил додааст. Аз ин рақамҳо бар-
меояд, ки тағирёбии иқлим вобаста дар
ҳудуди Ҷумҳурии Тоҷикистон баҳусус ба
яке аз объектҳои географии мамлакат ба
қисматҳои шимолӣ деҳаи Мадм низ таъ-

сири худро расонидааст.

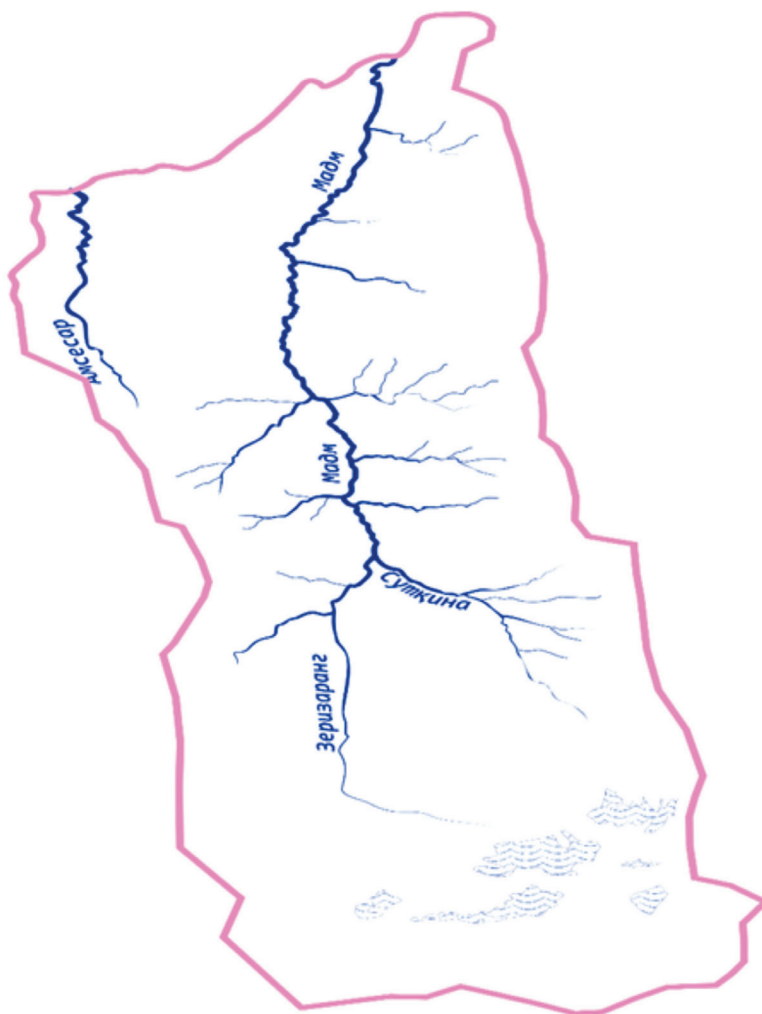
Пиряхи Зеризаранг дар мавзеи аз ҳама
баландтарини қисматҳои ҷануби деҳа
дар қаторқуҳҳои Зарафшон ҷойгир шуда
- тули умуми он ба 3,015,784 м ва маса-
охати он бошад ба (146233,3 м²) (0,15 км²)
баробар аст. Пиряхи Зеризаранг пиря-
хи яклухти калонҳаҷми асосӣ ба шумор
рафта, дар минтақае ҷойгир шудааст, ки
мушкилгузар ва ё касногузар мебошад.
Баланди он аз сатҳи баҳр қариб ба 4600 м
мерасад. Пиряхи зеризаранг дар тули ми-
лионҳо сол дар заминаи пайдоиши чин-
сҳои қуҳи пайдо шудааст. Дар таркиби
чинсҳои қуҳи низ якҷанд қабатаҳои маҳ-
суси пиряхӣ низ ба назар мерасанд. Пиря-
хи мазкур манбаи асосии дарёи Мадм ба
шумор меравад.

Пиряхи Суткина дар болобои дарёи
Суткина ҷойгир шуда тули умумии он ба
1,180,48 м² (0,03 км²), ва масоҳати он бо-
шад ба (1,532,49 м²) (0,04 км²) (0,02 км²)
баробар аст. Ин дарё дорои 3 шоҳоби
хурд (Қалтанов, Ҳавзако ва Палангхона)
ибрат буда манбаи асосии дарёи Сутки-
на ба ҳисоб меравад. Пиряхи Суткина
дар шаакли пароканда ҷойгир шудааст,
ки ғунҷоиши оби дарёи Суткина нисбат
ба дарёи Зеризаранг камобтар аст. Пирях
аз руи бузургии масоҳат нисбат ба пиряхи
Зеризаранг дар ҷойи дуюм меистад.

Дар ҳудуди деҳаи Мадм шумораи
дарёҳо дар тӯли солҳо ҷоришавандандаи
доимӣ беш аз 10 адад мерасад. Дарёҳое,
ки манбаи асосии дарёи Мадм ҳис-
соб меёбанд, инҳо Зеризаранг, Суткина,
Қарғи Сафед, Рунд, Сипчон, Анторуд,
Хаданко, Амсесар, Зери бед, Пушти Лағж
мебошанд, ки дар асоси тағйирёбии иқ-
лим қисме аз ин дарёҳо мавсимӣ ва ё қар-
иб ба нести рафтаанд. Баҳусус дарёҳои
Амсесар, Зери бед боиси ин гуфтааҳост.
Дигар дарёҳои дар боло зикршуда доимӣ
дар тамоми фаслҳои сол ҷараён мегиранд.
Шакли ғизогирии қисми зиёди дарёҳои
деҳа пиряхию барфӣ ва борону барфӣ
буда, дарёҳои мавсимӣ шакли ғизогириа-

шон аз обҳои зеризаминӣ ва пирияхию барфӣ мебошанд. Давраи баландшавии оби дарёҳо аз ҳисоби боришоти атмосферӣ дар фасли баҳор вобастагӣ дорад. Ҳавза ва шабакаҳои ҳамаи дарёҳои деҳа шакли асимметрии дошта, сабаби асосии чунин шаклро гирифтани он аз ҷойгиршавӣ ва хобиши чинҳои кӯҳи вобаста аст. Қисми зиёди майдонҳои ҳолати трангресси (обҳезӣ) – ро ба вучуд оваранда шохобҳои соҳили чап (Зеризаранг) мебошад. Аз рӯи таснифи речаи чараён, дарёҳо ба се гуруҳ тақсим мешаванд: давраи серобшавӣ дар фасли баҳор, серобӣ дар давраҳои муайян фасли тобистон ва давраи камобӣ.

Давраи серобӣ давраест, ки ҳар сол бо хусусиятҳои баландшавии тӯлонии сатҳи об ва дараҷаи ҷоришавии он дар маҷро, барои як муддат такрор мешавад. Ба дарёҳои доманакӯҳ серобшавӣ дар натиҷаи обшавии қабати барфи баҳорӣ, ба дарёҳо ва миёнакӯҳ бошад, зеро таъсири омилҳои табиӣ об шудани пирияхҳо ба амал меояд, ки мутаносибан серобшавии баҳор ва тобистонро ташкил менамояд. Омилҳои мазкур дар ҳавза дар давоми солҳо ба тадриҷан такрор мешавад.



Расми 2. Харитаи гидрографии деҳаи Мадм.

Дарёи Мадм дар болооб, Зеризаранг ном дошта бо якҷоя шудани он дар мавзеи Дуоба бо дарёи Суткина номи дарёи

Мамдро мегирад. Дарёи Зеризаранг аз пирияхҳои қаторкӯҳҳои Зарафшон воқеъ гардидааст, сарчашма гирифта, ба самти

шимол қорй мешавад. Заминаи ҳастии дарёи Зеризаранг ин пирияхҳои доимии мавзеи Чихилмехроб ва ҷанубтар аз он мебошанд, ки дарозии дарё зиёда аз 6,32 км дарозӣ дорад. Суткина низ яке аз шохобҳои асосии дарёи Мадм ба ҳисоб меравад ки он аз 3 шохобҳои хурд (Калтанов, Ҳавзако, Палангхона) иборат аст. Тули умумии дарёи Суткина 4,34 км муайян шуда резишгоҳи он мавзеи Дуоба яъне саршавии дарёи Мадм мебошад. Дарёи Зеризаранг бо дарёи Суткина дар мавзеи Дуоба якҷоя шуда номи дарёи Мадмро мегирад. Шохобҳои дигари дарёи Мадм Анторуд, Хаданко, Дунов, Қарғи Сафед, Сипчон ва Рунд мебошанд, ки доимӣ ҷараён мегиранд. Дарёи Мадм аз сарчаш-

мааш қисматҳои ҷануби то қисматҳои шимолӣ қорй шуд резишгоҳаш дарёи Зарафшон ба шумор меравад.

Давараи камобӣ бар хилофи давраи серобӣ, ба таври номунтазам рух медиҳад ва бо баландшавии сатҳи оби дарё бо суръати нисбатан суст дар давраи кӯтоҳ дар маҷрои дарё тақрибан ба андозаи баробар вусъат меёбад. Одатан давраи камобӣ зерӣ таъсири боришоти кам ё нобаробарии барф, жола ва борон дар давраи обшавии зимистон ба амал меояд. Баландшавии сатҳ ва афзоиши ҷараёни об дар вақти обхезӣ баъзан метавонад аз сатҳ ва ҳадди максималӣ ҳангоми обхезӣ зиёдтар бошад.

Ҷадвали 1. Ҷадвали шохобҳои дарёи Мадм[4].

№	Ном	Дарозӣ (км)	Ҳавза (км²)	Сарчашма Аз координатҳои (390 19/ 36// а.ш 680 19/ 07/ т.ш/)	Резишгоҳ Аз координатҳои (390 29/ 07// а.ш 680 21/ 49// т.ш)	Манбаи ғизоғирӣ
1.	Зеризаранг	6,32	11,83	Пирияхи Зеризаранг	Дарёи Мадм	Пирияху барф
2	Суткина	4,34	8,9	Пирияхи Суткина	Дарёи Мадм	Пирияху барф
3	Рунд	2,49	2,60	Қаторкӯҳҳои қисмати шарқӣ	Дарёи Мадм	Барф -борон
4	Сипчон	2,34	1,98	Қаторкӯҳҳои қисмати шарқӣ	Дарёи Мадм	Барф -борон
5	Қарғи сафед	1,7	2,08	Қаторкӯҳҳои қисмати ғарбӣ	Дарёи Мадм	Барф -борон
6	Анторуд	2,50	3,77	Қаторкӯҳҳои қисмати шарқӣ	Дарёи Мадм	Барф - борон
7	Хаданко	2,84	3,6	Қаторкӯҳҳои қисмати ғарбӣ	Дарёи Мадм	Барф -борон
8	Амсесар	4,30	4,99	Қаторкӯҳҳои қисмати ғарбӣ	Дарёи Зарафшон	Барф - борон
9	Зери бед	2,78	2,25	Қаторкӯҳҳои қисмати шарқӣ	Дарёи Мадм	Барф – борон
10	Мадм	18,5	70,5	Пирияхи Зеризаранг ва Суткина	Дарёи Зарафшон	Пирияху барф

Манбаъ: Таҳияи муаллиф дар асоси геопортали NSDI.TJ. соли 2023.

Тули умумии дарёи Мадм (аз Дуоба то Зарафшон 14,5 км) зиёда аз 18 км муайян шудааст. Масоҳати ҳавзаи дарёи Мадм бошад 70,5 км² буда, харчи он бошад ба

0,15 м³ сония баробар аст [1]. Аз давраи пайдоиши аҳоли дар деҳаи Мадм то имруз дарё ягон маротиба хушк нашудааст. Дарё барои обёри қардани заминҳои

хочагии қишлоқи деҳа ва поёноби он бошад барои деҳаҳои ҳамсоя (Вешканд, Вашан ва даштҳои Урметан) бисёр аҳамияти иқтисодӣ дорад. Дарёи Мадм яке аз шохобҳои бузурги (шохоби чап) дарёи Зарафшон ба ҳисоб рафта ӯ дар 660 – ум км аз резишгоҳи дарёи Зарафшон (Бухоро) ҷойгир шудааст[2].

Давраи пастобӣ ё межен даврае мебошад, ки аз ҳисоби кам шудани ҷараёни об аз ҳавзаҳои об аз ҳавзаҳои обгундор тавсиф мешавад. Паст шудани оби дарё одатан дар ҳамон муддат ва замоне аз сол ба вучуд меояд, ки таъсири омилҳои табиӣ нисбат ба якдигар кам мегардад. Вобаста ба вақти фарорасии давраи пастобӣ онро ба ду гуруҳ, яъне тобистон ва зимистон тақсим мекунанд.

Дар байни дарёҳои дар ҷадвал ишора шуда, танҳо дарёи Амсесар дар тули солҳои таърихӣ арзи вучуд дошт, баъдан дарё ба шакли ғизогирии барфи-боронии мавсими мубаддал гашта ҳолати ҳозираи он дар шароитҳои географӣ хушк шудааст. Дарёҳои дигар бошанд ҳолати устувории доимӣ дошта дар чор фасли сол дар заминаи пирахҳои болоби деҳа доимӣ буда, пурра ҷараён доранд. Дарёи Мадм барои обёрӣ кардани заминҳои худ деҳа ва деҳаҳои Вашану Вешканд хело аҳамиятнок мебошад. Деҳа ба системаҳои ирригатсионӣ вобаста аст, ки барои обёрии заминҳои кишоварзӣ истифода мешаванд. Ирригатсия дар деҳа як ҷузъи муҳим барои рушди соҳаҳои кишоварзӣ маҳсуб меёбад. Обҳои маъданӣ ва чашмаҳо низ дар ҷараёни фаъолияти кишоварзӣ ва маишӣ истифода мешаванд. Дарёи Мадм барои таъмини оби нӯшокӣ барои аҳолии деҳа ва деҳоти атроф истифода мешавад. Оби дарё барои обрасонӣ ва обёрии манзилҳо ва феълан аҳамияти калон дорад.

Системаҳои обёрии дохилихоҷагиҳо бояд ба баланси Ассотсиатсияҳои истифодабарандагони об қабул карда шаванд [1].

Захираҳои обӣ ва заминии деҳаи Мадм барои рушди кишоварзӣ, хоҷагидорӣ, ва таъмини манбаъҳои зарурӣ барои аҳолии деҳа аҳамияти калон доранд. Манбаъҳои оби маҳаллӣ барои ирригатсия, обёрӣ ва истифодаи маишӣ кӯмак мерасонанд, дар ҳоле ки заминҳо барои кишт, боғдорӣ ва пастравӣ мувофиқанд, ки ба рушди иқтисоди маҳаллӣ мусоидат мекунанд.

Захираи гидроэнергетикӣ: Дарёи Мадм бо имконияти истифода барои манбаъҳои гидроэнергетикӣ низ назаррас аст. Аз ин рӯ, дар мавридҳои пешрафт ва рушди инфрасохторӣ, дарё метавонад барои сохтани нерӯгоҳҳои обӣ, ки барои истеҳсоли нерӯи барқ кӯшиш мекунанд, истифода шавад.

Аз рӯи иқтидори захиравии дарёҳои деҳа метавон дурнамои онро вобаста ба шароитҳои географӣ дар самти иқтисодиёт чунин пешниҳод кард:

- Вобаста ба шароитҳои географӣ ва релефи мусоид дар деҳа 2 НБО - и хурд бунёд карда шаванд, ки барои деҳаҳои поёноб хело аҳамиятнок мебошанд;

- НБО – мавсими дар миёнаоби дарёи Мадм сохта шавад;

- НБО – и доимӣ дар поёноби дарёи Мадм бунёд кардашаванд;

- Аз нигоҳи геозкологӣ бояд дар мавзеи поёноби дарёи Мадм ҳавзи моҳипарварӣ сохта шавад.

- Пас аз бунёди НБО – и хурд метавон баъзе мавзеҳои обталабро дар соҳаҳои хоҷагии қишлоқи минтақа рушд дод;

- Дар асоси бунёд ва фаъолият кардани НБО якчанд корхона ва сехҳои энергияталби соҳавиро бунёд кардан ба маврид аст, ки шароити ҷойи кори дар ҳудуди деҳа барои сокинони маҳаллӣ хело бамаврид аст;

- Дар қисматҳои шимолии резишгоҳи дарёи Мадм вобаста ба иқлими мусоид ва растаниҳои шифобахш парвариши занбури асалро низ ба мақсад мувофиқ аст;

Зебогии табиӣ ва экосистемаҳои гирду атрофи дарё метавонад дар рушди туризм дар минтақа кӯмак кунад. Ҳавзаҳои оби дарё ва манзараҳои табиӣ метавонанд барои ташвиқ кардани саёҳат ба минтақа мусоидат намоянд.

Дарё ва муҳити атроф як экосистема дошта, ки барои нигоҳдории гуногунии биологӣ ва манбаи муҳим барои ҳаёти табиӣ мебошад.

Дарёи Мадм барои заминҳои хоҷагии ҷиҳодӣ ва деҳаҳои атрофи он аҳамияти бузургӣ иқтисодӣ дорад. Он манбаи муҳими об барои кишоварзӣ, обёрӣ, эҳтиёҷоти маишӣ ва қорводорӣ мебошад. Инчунин, дарё барои рушди экосистемаи табиӣ ва туризм дар минтақа потенциали муҳим дорад. Бо ин вучуд, муҳим аст, ки захираҳои оби дарё ба таври устувор истифода шаванд, то ба рушди дарозмуддат ва ҳифзи муҳити зист мусоидат гардад.

Дар ҳолати амал кардани чунин пешниҳодҳо метавон зерсохторҳои соҳаҳои саноат ва истеҳсолоти минтақаро дар сатҳи зарурӣ рушд дод.

Адабиёт

1. Кодиров А.С. Внедрение бассейнового принципа управления водными ресурсами на речных системах для рационального водопользования / А. С. Кодиров // Известия ВУЗов (Кыргызстан). – 2015. – № 2, С. 27-31
2. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 14. Бассейны рек Средней Азии. Вып. 3. Бассейн р. Аму-Дарья / под ред. В. М. Федотовой. - Л.: Гидрометеоздат, 1967, С. 76.
3. Топонимика. Мадм – топоним Мадм – посёлок в Таджикистане. Мадм – Центр, Мадм – река в Таджикистане. Географически он относится к одному из центральных районов.
4. Хакбердиев Х.М. Экономико-географические особенности водных ресурсов. Зарафшанской долины / Х. М. Хакбердиев // Водные ресурсы, энергетика и экология. - 2022, Т.2. - №3, С.75-80.
5. Курбонов Н.Б., Фрумин Г.Т. Формирование состава водных ресурсов бассейна р. Зерафшан. Влияние изменения климата на условия формирования и химического состава водных ресурсов БРЗ. Монография. - LAP Lambert Academic Publishing, 2021, 145 с.
6. Якубов Ю. “Раннесредневековые сельские поселения горного Согда”. (к проблеме феодализма)” Более подробно о географии горного Согда сообщает автор географического сочинения X века Худуд-ал-Алм. Он пишет, что Бутаман – это область среди гор и ущелий. Имеет три части: Бутаман внутренний, Бутамон средний и Бутамон внешний”. Душанбе – “Дониш” 1988, с. 16.
7. Орифшонова, В. Р. Наъши захираҳои об дар рушди устувори иқтисодии Тоҷикистон / В. Р. Орифшонова, Р. Ш. Якубов, Ф. М. Миришабов // Захираҳои об, энергетика ва экология. – 2021. – Vol. 1, No. 3.
8. Kimsanov, U. O. Идоракунии захираҳои об
9. / U. O. Kimsanov, M. M. Davlyatova. – Душанбе : Издательство университета, 2023. – 156 р. – ISBN 978-99985—8533-1.
10. Набиев, Б. А. Самаранокӣи чалби сармоягузорӣ дар соҳаҳои иқтисодӣ: комплекси энергетикӣ / Б. А. Набиев. – Душанбе : Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, 2023. – 174 р.
11. Паъбердиев, П. М. Хусусиятҳои иқтисодӣ-географии захираҳои оби дар водии Зарафшон / П. М. Паъбердиев // Захираҳои об, энергетика ва экология. – 2022. – Vol. 2, No. 3. – Р. 75-80.
12. Диловаров, Р. Д. Энергетическая промышленность и её отраслевая структура (на примере Согдийская область Республики Таджикистан) / Р. Д. Диловаров, Х. М. Хакбердиев // Вестник педагогического университета. Серия естественных наук. – 2025. – № 1(25). – С. 17-26.
13. Мухаббатова, Х. М. Особенности формирования и использования водных ресурсов Таджикистана в условиях изменения климата / Х. М. Мухаббатова // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. – 2022. – № 1. – С. 58-63.

ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОДНЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ МАДМ

Хакбердиев Х.М.^{1,*}

^{1,*}Таджикский государственный педагогический университет имени Садриддина Айни

*Автор корреспонденции: E-mail: hakberdiev8989@mail.ru

Аннотация. Одним из вариантов защиты оголовка солевого пласта от выщелачивания и суффозии при строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений является создание высокоплотной уплотнительной и козырьковой цементации оголовка соли, в результате, которого решаются задачи снижения скорости фильтрационных потоков вдоль солевого пласта, предотвращение развития механической и химической суффозии. В статье рассматривается разработка нового метода определения фильтрационных характеристик зацементированных пород оголовка солевого пласта в теле Ионахиского разлома, основанного на изучении изменения теплового поля Земли в случае формирования пути сосредоточенной фильтрации вдоль разлома.

Ключевые слова: метод контроля качества, солевой пласт, уплотнительная цементация, козырьковая цементация, сосредоточенная фильтрация, плотина, разлом, эмпирические уравнения.

ECONOMIC AND GEOGRAPHICAL ASPECTS OF WATER AND LAND RESOURCES OF MADM

Hakberdiev H. M.^{1,*}

^{1,*}Tajik State Pedagogical University named after Sadriddin Ayni

*Corresponding author. E-mail: hakberdiev8989@mail.ru

Abstract. One of the main sources of inland waters in the Republic of Tajikistan are wetlands and rivers. It should be noted that, despite the progress achieved to date, there are still a number of problems in providing the population with drinking water and maintaining its purity, which require additional measures. In the 1930s, intensive exploitation of water and land resources began. The climate of the village of Madm is favorable due to the interaction of many different geographical factors. Depending on the programs and decisions of the government of the country, as well as the availability of favorable geographical and economic conditions, the village of Madm, which is one of the most remote regions, can develop in the field of production and agriculture due to its geographical opportunities.

Keywords: Madm, glacier, river, climate, agriculture, ecology, geography, water, resource, land fund, hydropower.

Маълумот дар бораи муаллиф: Ҳақбердиев Ҳақберди Муродбердиевич – омӯзгори калони кафедраи географияи иқтисодӣ ва иҷтимоӣ факултети географияи Донишгоҳи давлатии омӯзгорӣ Тоҷикистон ба номи Садриддин Айни, Тел.: (+992) 100967878, E-mail: hakberdiev8989@mail.ru.

Сведения об авторе: Ҳақбердиев Ҳақберди Муродбердиевич – старший преподаватель кафедры экономической и социальной географии факультета географии Таджикского государственного педагогического университета имени Садриддина Айни, Тел.: (+992) 100967878, E-mail: hakberdiev8989@mail.ru.

Information about the author: Haqberdiev Haqberdi Murodberdievich – the graduate student -th chair at the Economic and Social Geography at the Tajik State Pedagogical University named after Sadriddin Ayni, Phone: (+992) 100967878, E-mail: hakberdiev8989@mail.ru.

УДК: 621.22

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В СТРАНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Иноятова К.Л.¹, Гулахмадзода А.А.^{1*}, Ходжаева Н.¹

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

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

Аннотация. В статье приводятся ряд возможностей для строительства гидроэлектростанции (ГЭС), в частности гидроаккумулирующих электростанции (ГАЭС). Оценивается возможность по проектированию ГЭС/ГАЭС в гидроэнергетических комплексах водохозяйственных систем в условиях стран Центральной Азии. Приведены рекомендации по проектированию и расчету водно-энергетических расчетов, технологического оборудования и его компоновки. Показаны гидроэнергетические возможности использования водных ресурсов Таджикистана и Узбекистана для строительства ГЭС/ГАЭС больших мощностей для покрытия энергетических нужд стран Центральной Азии.

Ключевые слова: гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС), гидроэнергетический потенциал, энергетика Таджикистана и Узбекистана, водная энергетика, крупные ГЭС ЦА, водные ресурсы Таджикистана, строительство ГАЭС.

Введение

Известно, что энергоресурсы в наше время оказывают все большее влияние на все стороны жизни общества. Являясь основой экономики любой страны, они определяют социальные условия жизни людей, оказывают прямое или опосредованное влияние на окружающую среду.

Богатый энергетическим сырьем и гидроресурсами регион Центральной Азии привлекает пристальное внимание не только соседей, но и отдаленных географически США и стран Евросоюза. В то же время государствам ЦА приходится сталкиваться с проблемами бедности, перенаселения, нехватки воды и электроэнергии. В республиках Средней Азии и южной части Казахстана был создан единый интегрированный водно-энергетический комплекс, управлявшийся из единого центра в Узбекистане. Система позволяла балансировать сезонные колебания спроса на электроэнергию и потребности в воде как ирригационном ресурсе с колебаниями запасов воды в горных реках. В зимнее время Киргизия и Таджикистан накапливали воду в водохранилищах и получали электроэнергию и энергоресурсы (уголь и природный газ) из Казахстана, Туркме-

нии и Узбекистана. В летнее время Киргизия и Таджикистан направляли воду в Узбекистан и Казахстан для ирригационного земледелия. Кроме того, Киргизия и Таджикистан поставляли соседям гидроэлектроэнергию, производимую в избыточных, относительно внутренних потребностей, масштабах[1,2,3].

В настоящее время единого политического и хозяйственного центра в Центральной Азии не существует, а интересы независимых государств, в том числе в энергетике, нередко носят взаимоисключающий характер. Водно-энергетический комплекс Центральноазиатского региона (ЦАР) обладает крупнейшим энергетическим потенциалом, составляющим, по разным оценкам, 430–460 млрд кВт/ч в год. Однако его развитие сталкивается с рядом системных проблем. Почти 85% водных ресурсов региона сосредоточено в Таджикистане и Кыргызстане. Эти страны, расположенные в зоне формирования стока Амударьи и Сырдарьи, заинтересованы, прежде всего, в энергетическом использовании водных ресурсов горных рек (Вахша, Пянджа, Зеравшана, Нарына), являющихся основными составляющими Амударьи и Сырдарьи. Ирригация

для них имеет подчиненное значение. Как уже отмечалось, для данных стран вегетационный период (весна–лето) в приоритетном порядке связан с накоплением водных ресурсов в водохранилищах (Нурекское, Кайраккумское в Таджикистане, Токтогульское в Кыргызстане) во время таяния накопившегося зимой в горах снега и ледников, с которых берут начало реки региона. Межвегетационный период (осень–зима) характеризуется повышенным потреблением и активной выработкой электроэнергии, что, соответственно, требует выпуска больших объемов воды. Напротив, для Казахстана, Узбекистана и Туркменистана приоритетным является вегетационный период, в течение которого водные ресурсы активно используются для нужд орошаемого земледелия[4,5,6].

Противоречия в сезонных потребностях в водных ресурсах и требованиях к гидрологическому режиму рек со стороны электроэнергетики и ирригации приводят к тому, что в зимний период происходит затопление части территории Казахстана и Узбекистана в связи с энергетическим режимом работы водохранилищ. Это также приводит к потере воды, вынужденно направляемой в естественные понижения (выпуски из одного только Токтогульского водохранилища в зимний период в среднем составляют 3 куб. км ежегодно, а в отдельные годы достигают 9 куб. км), и к серьезным экологическим последствиям.

Ныне в Таджикистане единственным доступным промышленному освоению энергоресурсом является гидроэнергия рек. Ее запасы практически неограниченны, 527 млрд. кВт.ч. в год, из которых сегодня осваивается только порядка 18 млрд. кВт.ч. При этом в республике имеется огромное количество рек, от крупных до самых мелких, поэтому теоретически возможно обеспечить устойчивое, бездефицитное энергоснабжение, как строительством одной или нескольких крупных

станций с передачей их энергии во все регионы, так и возведением сотен мелких ГЭС, размещенных в непосредственной близости к потребителям.

Экспортное или совместное с другими странами Центральной Азии развитие гидроэнергетики Таджикистана сможет распространить процесс экологического оздоровления окружающей среды за счет резкого сокращения эмиссии парниковых газов на весь регион. И это вполне реальные возможности. В целом, в ЦАР в последние годы потребляется порядка 150 млрд. кВт.ч. электроэнергии в год. Это в два раза меньше, чем технически реальные гидроэнергоресурсы Таджикистана. Гидроэнергия Таджикистана, имеющая очень низкую себестоимость и являющаяся экологически чистой, всегда будет конкурентоспособной как на мировом, так и на региональном рынках.

Одновременно с выработкой электроэнергии гидроэнергетика Таджикистана параллельно решает и другую проблему - регулирование речного стока для ирригации, причем, для всего региона ЦА в целом. Уже сегодня Таджикистан за счет водохранилища Бахри Тоҷик практически полностью обеспечивает сезонное регулирование стока реки Сырдарьи в интересах Узбекистана и Казахстана. В бассейне реки Амударьи такие же функции обеспечивает Нурекское водохранилище.

Перспективы развития энергетического комплекса стран ЦА

Гидроэнергетику относят к «зеленому» способу добычи электричества. В свете продвигаемой климатической повестки этот ресурс важнее солнечной и ветроэнергетики в силу факторов, которые можно охарактеризовать одним словом – рациональность. Водный вопрос чаще называют проблемным для стран ЦА. Себестоимость электроэнергии и эксплуатационных расходов ГЭС/ГАЭС в два, а то и в 5-6 раз ниже, чем на теплоэлектростанции. ГЭС/ГАЭС – дешевый и надеж-

ный поставщик энергии. Капитальные затраты на речную энергетику оправдают себя, поскольку жизненный цикл станции может быть почти вечным. Конечно, когда требуется строительство плотинной станции, нескольких каскадов и регуляторов, приходится учитывать, как отразится это на потребителях ниже по течению. Гидроэлектростанции в азиатском регионе начали строить более ста лет назад. Гиндукушская ГЭС, находящаяся на территории нынешней Марыйской области в Туркменистане считается первой круп-

нейшей ГЭС построенной на территории ЦА. Энергетический комплекс Центральной Азии привлекает пристальное внимание практически всех прилегающих стран. Интерес к проектам развития водно-энергетических ресурсов ЦА проявляют США, ЕС, Китай, Россия, Иран, Индия, Пакистан. Как правило, внешние партнеры имеют к этим проектам не столько коммерческий, сколько геополитический интерес. Речь идет, скорее, о конкуренции за наращивание своего присутствия и влияния в регионе[7,8].

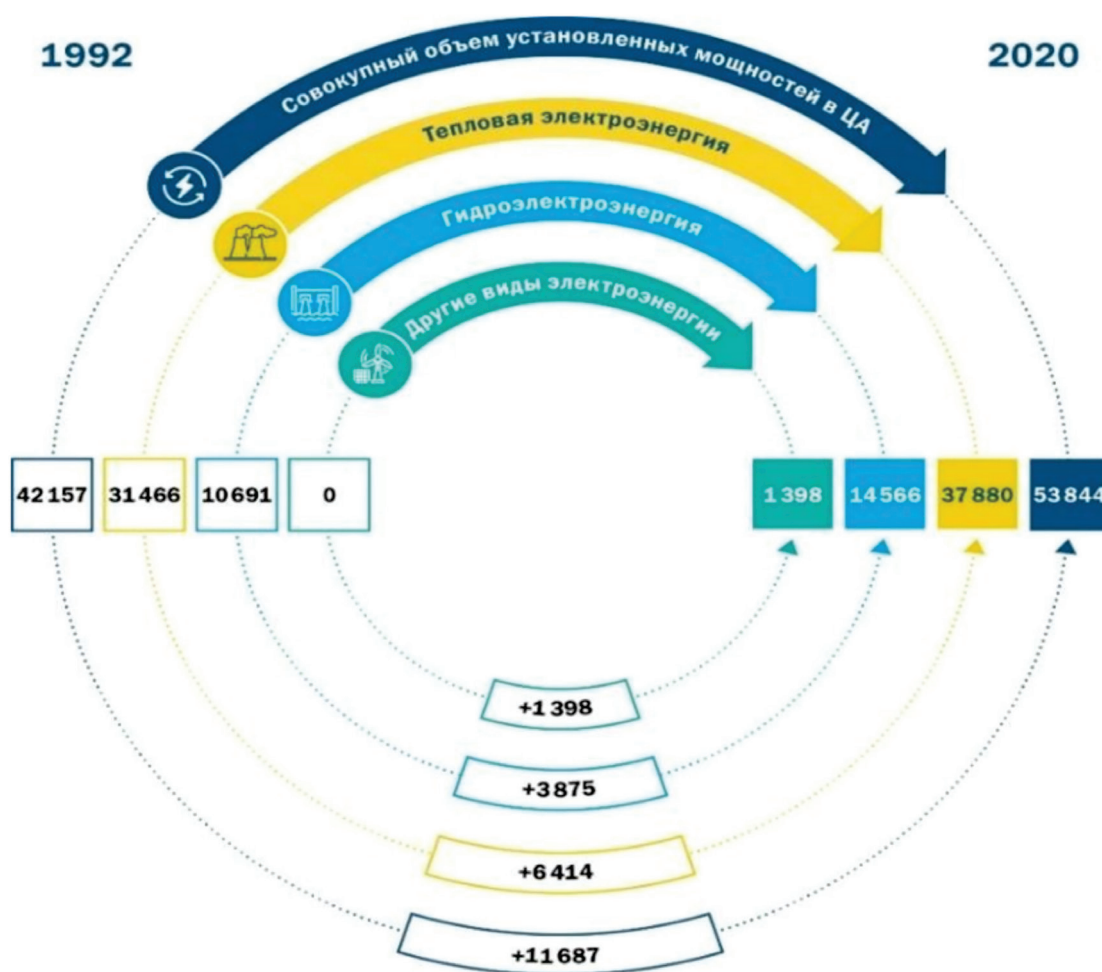


Рисунок 1. Динамика объемов установленных мощностей в ЦА, МВт.

Международные институты и организации оказывают содействие в развитии регионального сотрудничества и выступают в качестве арбитра в сложных межгосударственных процессах регулирования водно-энергетических ресурсов

региона. Они также осуществляют разработку технико-экономического обоснования, оказывают консалтинговую, аналитическую, техническую и финансовую поддержку проектам. Наиболее крупные из них – Всемирный банк, Азиатский банк

развития, Исламский банк развития, Европейский банк реконструкции и развития, Агентство США по международному развитию (USAID), Глобальный экологический фонд.

Гидроэнергетический потенциал горных республик Средней Азии огромен. По подсчетам экспертов Евразийского банка развития, в течение десяти лет здесь можно ввести в строй около 10 ГВт мощности. В то же время, по подсчетам тех же экспертов, на это потребуется около 15 млрд. долл. Причем следует учитывать и расходы на строительство ЛЭП большой пропускной способности, на возведение объектов сети для связи систем различного напряжения. Более низкие темпы эконо-

мического развития в Кыргызстане и Таджикистане обусловлены, в частности, отсутствием собственных углеводородных ресурсов. Сегодня обе страны связывают свое энергетическое будущее с развитием гидроэнергетики. Так, в Таджикистане потенциал производства электроэнергии на базе гидроресурсов оценивается в 264 ТВт/ч в год, из которых практически используется только 6%. Кыргызстан рассчитывает построить новые гидроэлектростанции совокупной мощностью 5667 МВт, для чего потребуется 7,6 млрд. долл. Для Таджикистана соответствующие показатели составляют 5344 МВт и 9,5 млрд. долл. [9,10].

Таблица 1. Гидроэнергетический потенциал рек Центральной Азии.

Страны	Установленная мощность ГЭС, МВт	Производство электроэнергии ГЭС, млрд. кВт/ч	Экономический гидропотенциал млрд кВт/ч в год	Использование гидропотенциала%	Доля в гидропотенциале ЦАР, %
Таджикистан	4037	17.1	317	6	69
Кыргызстан	2910	14.0	99	14	22
Казахстан	2248	7.9	27	29	6
Узбекистан	1420	6.0	15	49	3
Туркменистан	1	0	2	0	0

Источник: справочная информация UNECE гидропотенциала стран ЦА.

В целом более 16% энергии в СНГ вырабатывается за счет гидроэлектростанций. В некоторых странах (Кыргызская Республика, Республика Таджикистан) этот показатель превышает 90%. По оценке исполнительного комитета СНГ в 2016 году, на долю Содружества относится 10 % мирового производства электроэнергии.

По данным Программы ООН для экономик Центральной Азии (СПЕКА), возобновляемый гидропотенциал в Центральной Азии в настоящее время используется только на 10% (см. табл. 1). Основной объем гидропотенциала сконцентрирован в Таджикистане (69%), что

обеспечивает ему восьмое место в мире после Китая, России, США, Бразилии, Заира, Индии и Канады. На долю Кыргызстана приходится 22% регионального гидроэнергетического потенциала.

На сегодня установленная мощность электростанций Объединенной Единой энергосистемы Центральной Азии составляет примерно 25000 МВт, включая 9000 МВт в гидроэнергетике (36%) и 16000 МВт в теплоэнергетике (64%). Однако реальная мощность не превышает 20000 МВт. Крупнейшие гидроэлектростанции в системе – Нурекская ГЭС в Таджикистане (3000 МВт) и Токтогульская ГЭС в Кыргызстане (1200 МВт).

Таблица 2. Потенциал возобновляемых источников энергии в ЦА

Страна	Малая гидро-энергетика	Солнечная энергия		Энергия ветра		Геотермальная энергия	Биоэнергетика
	МВт	МВт	ТВт ч/год	МВт	ТВт ч/год	ТВт ч/год	МВт
Казахстан	4800 (≤35 МВт)	3760000	664	354000	11388	54000	300
Кыргызстан	900 (≤30 МВт)	267000	537	1500	256	171	200
Таджикистан	30000 (≤30 МВт)	195000	410	2000	146	45	300
Туркменистан	1300	655000	1484	10000	1992	незначительный	незначительный
Узбекистан	1180 (≤10 МВт)	593000	1195	1600	1685	2	800

Источник: The World Small Hydropower and Renewable Energy Snapshots.

Предложение по проектированию и строительству ГАЭС

Неравномерность графиков производства и потребления электрической энергии требует применения более гибкой системы управления производством и распределением энергии.

Гидроэнергетика общеизвестна как один из старейших способов сбора энергии природы и ее дальнейшей капитализации. Гидроэнергетика область хозяйственно-экономической деятельности человека, совокупность больших естественных и искусственных подсистем, служащих для преобразования энергии водного потока в электрическую энергию. Преимуществами гидроэнергетики является использование возобновляемой энергии природы, получая при этом очень дешевую электроэнергию. Работа гидроэнергетических сооружений не сопровождается вредными выбросами в атмосферу и быстро (относительно ТЭЦ/ТЭС) выходят на режим выдачи рабочей мощности после включения станции (легко регулируемы).

ГАЭС использует в своей работе либо комплекс генераторов и насосов, либо обратимые гидроэлектроагрегаты, которые

способны работать как в режиме генераторов, так и в режиме насосов. Во время ночного провала энергопотребления ГАЭС получает из энергосети дешёвую электроэнергию и расходует её на перекачку воды в верхний бьеф (насосный режим). Во время утреннего и вечернего пиков энергопотребления ГАЭС сбрасывает воду из верхнего бьефа в нижний, вырабатывает при этом дорогую пиковую электроэнергию, которую отдаёт в энергосеть (генераторный режим).

Страны Центральной Азии обладают значительным технически эксплуатируемым гидроэнергетическим потенциалом, оцениваемым в 510,1 ТВтч/год из которых используется менее 10%. Гидроэнергетический потенциал региона значительно варьируется от страны к стране, в зависимости от наличия водных ресурсов. Обширные засушливые и полусухие равнины в Казахстане, Узбекистане и Туркменистане обладают минимальным гидроэнергетическим потенциалом или вообще не имеют его. Горные регионы востока и юго-востока Центральной Азии, включая Таджикистан (61,1% от общего потенциала), Кыргызстан (19,4%) и частично Казахстан (12,1%), характери-

зуются большим запасом воды обильных осадков. В Кыргызстане и Таджикистане более 90% вырабатываемой электроэнергии обеспечивается гидроэлектростанциями. Таджикистан занимает восьмое место по гидроэнергетическому потенциалу в мире. Сейчас используется лишь 4–5% гидроэнергетического потенциала. До-

стижение эффективности перераспределения произведенной энергии во времени, возможно, лишь путем применения аккумулирующих систем, позволяющих накопить излишки энергии в периоды минимальной нагрузки электроэнергетической системы (ЭЭС) и отдавать их в периоды прохождения пиковых нагрузок.

Таблица 3. Прогноз численности населения в странах ЦА в пределах бассейна Аральского моря до 2045 г. (млн. чел).

Страна	2018 г.	2020 г.	2030 г.	2040 г.	2045 г.
Казахстан	3.8	2.9	3.2	3.4	3.6
Кыргызстан	3.7	3.8	4.3	4.8	5.1
Таджикистан	9.1	9.5	11.6	13.8	15.1
Туркменистан	5.1	6.0	6.8	7.4	7.7
Узбекистан	33.2	33.5	37.4	40.6	41.9
Всего по БАМ	54.9	55.7	63.3	70.1	73.4

Источник: Диагностический доклад о рациональном использовании водных ресурсов ЦА НИЦ МКВК Ташкент 2020 г.

Из всех известных аккумулирующих систем наиболее широкое применение нашли системы аккумулирования возобновляемой гидравлической энергии и гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС).

При строительстве гидроаккумулирующих электростанций, в условиях Центральной Азии, по нашему мнению, необходимо учитывать ряд особенностей гидроэнергетических комплексов водохозяйственных систем:

- основная часть гидрокомплексов водохозяйственных систем, имеет большой водноэнергетический потенциал при низких напорах;
- большая часть водохозяйственных систем, работает в ирригационном режиме;
- водохозяйственные системы, большей частью находятся, относительно на больших расстояниях от промышленных центров страны, в виду их ирригационного назначения;

- наличие большого гидроэнергетического потенциала;

- строительство электростанции такого типа и назначения не потребует больших материальных затрат, в сравнении со строительством новых ГЭС, ТЭС и их реконструкций.

Учитывая эти особенности, можно утверждать, что строительство ГАЭС в Республике Узбекистан, Кыргызстан и Таджикистан, имеет колоссальные возможности, при нынешнем развитии науки и техники, открываются большие перспективы развития гидроэнергетики в направлении аккумуляции энергии и использования её в нужный момент.

При выборе основного гидросилового оборудования ГАЭС, необходимо учитывать большие возможности капсульных агрегатов, работающих в большом диапазоне расходов воды при малых напорах. Основные варианты компоновки горизонтальных капсульных гидроагрегатов, представлены на рис.2.

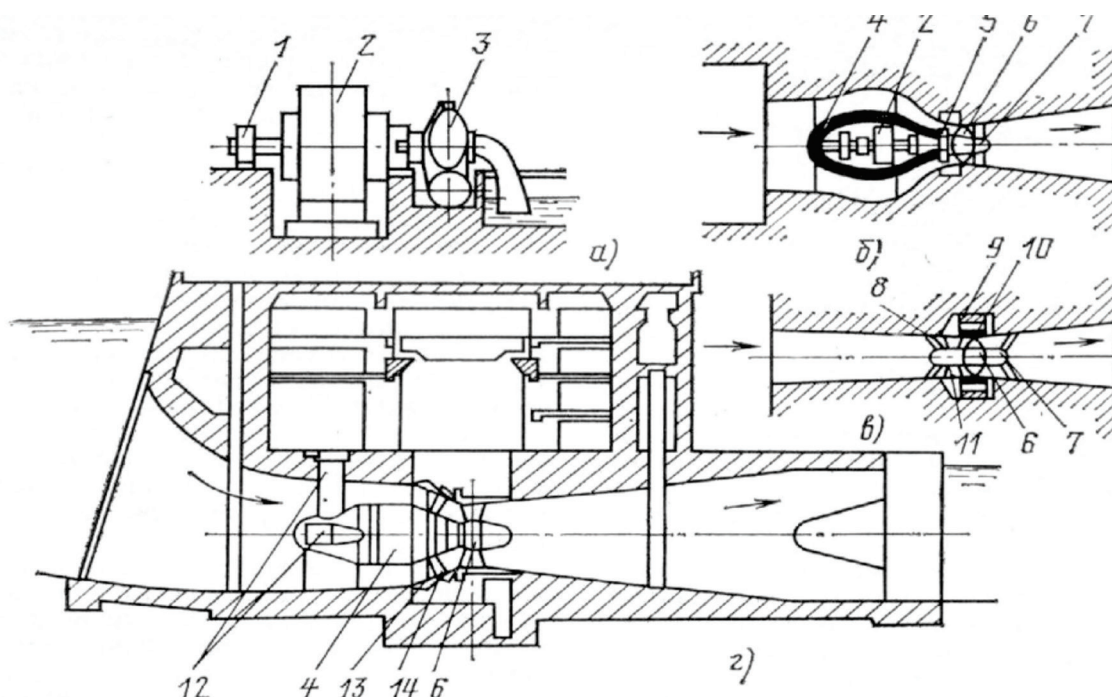


Рисунок 2. Варианты компоновки горизонтальных гидроагрегатов:

А – горизонтальный гидроагрегат; б – гидроагрегат шахтного типа (вид сверху);
в – гидроагрегат типа «Страфло»; г – горизонтальный капсульный гидроагрегат с консольным рабочим колесом; 1 – опора ротора; 2 – генератор; 3 – турбина со спиральной камерой; 4 – капсула; 5 – направляющий подшипник; 6 – рабочее колесо; 7 – выходной статор; 8 – входной статор; 9 – статор генератора; 10 – ротор генератора, закрепленный на рабочих лопастях; 11 – направляющий аппарат; 12 – колонны капсулы; 13 – статор; 14 – конический направляющий аппарат.

При разработке технологической части проекта на строительство гидроаккумулирующих электростанций (мощностью 10 МВт и выше с агрегатами), параметры технологического оборудования и его компоновка в сооружениях гидроузла должны приниматься с учетом:

- технического уровня оборудования;
- надежности работы оборудования и сооружения;
- возможной унификации оборудования и сооружений;
- наименьших суммарных затрат на сооружение электростанции и эксплуатационных издержек;
- удобства обслуживания и ремонтно-пригодности;
- степени воздействия на окружающую среду;
- сейсмичности площадки строительства;

- местных условий (например, необходимости пропуска через агрегат минимального (санитарного) попуска или выдачи заданной минимальной мощности и др.).

При проведении водно-энергетических расчетов необходимо учитывать:

- при определении глубины сработок верхнего водохранилища, режимов нижнего водохранилища, значений максимальных и минимальных расходов через ГАЭС на основании эксплуатационных мощностных, расходных и кавитационных характеристик гидромашин;
- выбор целесообразной зоны использования ГАЭС и покрытия суточного графика нагрузки энергосистемы;
- пуск ГАЭС при пониженных напорах обосновывается технической возможностью работы, как штатного гидросилового оборудования, так и специально пред-

усмотренного, а также длительностью режимов работы при этих напорах.

При выборе створа, компоновки здания ГАЭС и гидроузла необходимо учитывать: габариты гидроагрегата, проточной части гидромашины, требуемая отметка заложения рабочего колеса гидромашины. А генеральный план гидроузла проектировать с учетом оптимальной организации его эксплуатации в части размещения вспомогательных служб и сооружений ГАЭС.

В расчетах должно учитываться влияние мощности агрегата на стоимость оборудования, стоимость строительной части, эксплуатационные затраты и водно-энергетические характеристики ГАЭС, обеспечение необходимых режимов работы ГАЭС в энергосистеме.

При равных показателях надежности и технико-экономических показателях с учетом эксплуатационных затрат необходимо принимать наибольшую технически возможную мощность с учетом соображений по унификации оборудования как по условиям изготовления, так и по условиям эксплуатации в гидроэнергокомплексе.

Наибольшая технически возможная мощность гидромашины должна обосновываться по результатам анализа следующих факторов:

- характеристики энергосистемы и ее требований к режимам работы ГАЭС, в том числе к участию ГАЭС в покрытии пиков графика нагрузки, условиям аварийного отключения гидроагрегата и пропуска санитарного расхода;
- требований по режимам уровней воды в нижнем бьефе;
- геоморфологических и геологических условий створа ГАЭС;
- наименьшего отрицательного влияния на окружающую среду;

- технологических возможностей изготовления, транспорта и монтажа оборудования;

- типа здания ГАЭС и конструкции водоподводящих устройств.

На основе анализа современного состояния, режимов работы ГЭК водохозяйственных систем и режимов работы ЭЭС, обоснованы необходимые соблюдающиеся требования на этапе проектирования и строительство ГАЭС работающие в режиме суточного, недельного и сезонного аккумулирования энергии целью повышения маневренности подачи электроэнергии.

По данным исследований выявлено, что во многих водохозяйственных системах (ВХС) - Туямунской, Таллимарджанской, Арнасайской, Куюмазарской, Гиссаракской, Чимкурганской, Андижанской, Вахшской, Зерафшанской, Варзобской и др. действующих объектах необоснованно теряется экологически чистая электроэнергия, из-за отсутствия научно-технических основ создания гидроэнергокомплексов. С точки зрения внедрения ГАЭС в выше представленных объектах ВХС давала бы большие возможности при улучшении режимов работы ГЭК водохозяйственных систем и режимов работы ЭЭС работающие в режиме суточного, недельного и сезонного аккумулирования энергии целью повышения маневренности подачи электроэнергии.

Во многих действующих объектах водохозяйственных систем имеется колоссальные возможности внедрения ГАЭС и большие возможности при улучшении режимов работы ГЭК водохозяйственных систем и режимов работы ЭЭС целью повышения маневренности подачи электроэнергии.

Таблица 4. Гидроэнергетический потенциал рек бассейна Аральского моря.

Бассейн реки	Среднегодовая мощность, МВт	Среднегодовая энергия, млрд. кВт.ч	Доля в общем объеме, %
Зерафшана	3875	33.95	19.02
Сырдарьи	260	2.28	1.28
Амударьи	5400	17.21	9.64
Пяндж	17900	86.30	48.35
Вахш	9225	33.65	18.85
Кафирниган	1600	5.10	2.86
Всего	38260	178.49	100

Источник: Министерство водных ресурсов Республики Узбекистан и Министерство энергетики и водных проблем Республики Таджикистан.

Выводы

Гидроэнергетика и рациональное управление водными ресурсами играют важнейшую роль в устойчивом развитии стран ЦА. Особенно это актуально для Таджикистана, который обладает значительным гидроэнергетическим потенциалом благодаря многочисленным горным рекам. Однако перед страной стоят серьезные вызовы, связанные с уменьшением площади ледников, усиливающие необходимость принятия активных мер по защите водных ресурсов и обеспечению энергетической безопасности.

Таким образом, внедрения ГАЭС мощностью 14,2 МВт и годовое экономическое эффективностью 30526,973 млрд. сум на Туямуюнском гидроузле даёт возможность за год выработать 97,554 млн. кВт·час электроэнергии, экономию 14633,114 т.у.т. органических топлив и валютных средств. Внедрения ГАЭС мощностью 32,3 МВт и годовое экономическое эффективностью 9116,314 млрд. узбекский сум на Талимарджанском водохранилище даёт возможность за год выработать 31,117 млн.кВт·час электроэнергии, экономию 4667,575 т.у.т. органических топлив. Внедрения ГАЭС мощностью 44,5 МВт и годовое экономическое эффективностью 2610,437 млрд. узбекский сум на Арнасайском водохранилище даёт возможность за год выработать 40,456

млн.кВт·час электроэнергии, экономию 6068,446 т.у.т. органических топлив

Литература

1. Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У. Гидроаккумулирующие электрические станции. Монография. Т.: Издательство «Fan va texnologiya», Ташкент, 2018, 212 стр.
2. Джураев К.С., Бобокулов У.Э. Разработка гидроаккумулирующих электростанций с оптимальной компоновкой горизонтальных агрегатов. Журнал «Вестник ТашГТУ» №3, ТашГТУ, 2014, 61-67 стр.
3. Bolton M.D., Choudhury S.P., Pong P.R. Reinforced earth walls: ASCE Annual Convention, Symp. on Earth Reinforcement. Pittsburgh. (Pennsylvania). 1978, p.252-281.
4. Розанов Н.П. и др. Гидротехнические сооружения. М.: Агропромиздат. 1986, 432с.
5. Кулматов Р.А. Нигматов А.Н. Расулов А.Б. Современные экологические проблемы трансграничных рек.// Вопросы географии и геоэкологии. Ташкент, №2, 2014, С. 38-49
6. Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У. Гидроаккумулирующие электрические станции. Монография. Т.: Издательство «Fan va texnologiya», Ташкент, 2018, 212 стр.
7. Арифов Х.О. Безопасное и эффективное использование системы гидроэнергетики и электрических сетей в Таджикистане. Душанбе 2023г.- С63-96
8. Аналитический обзор. Состояние и перспективы интегрированного управления водными ресурсами бассейнов рек в Центральной Азии. Проект ЕС ПРООН (2009-201)
9. Схема комплексного управления и освоения бассейнов рек Таджикистана, 2008г.
10. www.cawater.uz

ПЕРСПЕКТИВАҲОИ ТАРАҚҚИЁТИ СТАНСИЯҲОИ ЭЛЕКТРИКИИ ОБӢ ДАР МАМЛАКАТҲОИ ОСИЁИ МИЁНА

Иноятова К.Л.¹, Гулахмадзода А.А.^{1,*}, Хочаева Н.¹

^{1,*}*Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон*

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

Шарҳи мухтасар. Дар мақола як қатор вариантҳои сохтмони нерӯгоҳҳои барқии обӣ (НБО), аз ҷумла нерӯгоҳҳои обкашӣ (НБС) оварда шудаанд. Имконияти лоиҳаҳои стансияҳои электрикии обӣ/стансияҳои электрикии обкашӣ дар комплексҳои гидроузели системаҳои хоҷагии об дар шароити мамлакатҳои Осиёи Миёна баҳо дода мешавад. Барои лоиҳаҳои ва ҳисобу китоби ҳисобҳои энергияи об, таҷҳизоти технологи ва схемаи он тавсияҳо дода шудаанд. Потенсиали гидроэнергетикии истифодаи захираҳои оби Тоҷикистон ва Ўзбекистон барои сохтмони нерӯгоҳҳои барқии оби иқтидор/стансияҳои обкашӣ ба қонеъ гардонидани ниёзҳои энергетикӣ кишварҳои Осиёи Марказӣ нишон дода шудааст.

Калидвожаҳо: нерӯгоҳи барқии обкашӣ (НЭС), иқтидори гидроэнергетикӣ, энергетикаи Тоҷикистон ва Ўзбекистон, энергетикаи об, нерӯгоҳҳои барқии оби бузурги Осиёи Марказӣ, захираҳои оби Тоҷикистон, сохтмони НБО.

PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF HYDROELECTRIC POWER PLANTS IN CENTRAL ASIAN COUNTRIES

Inoyatova K.L.¹, Gulakhmadzoda A.A.^{1,*}, Khojaeva N.¹

^{1,*}*Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology National Academy of Sciences of Tajikistan*

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

Abstract. The article presents a number of possibilities for the construction of hydroelectric power plants (HPPs), in particular pumped storage power plants (PSPPs). The possibility of designing HPPs/PSPPs in hydropower complexes of water management systems in the conditions of Central Asian countries is assessed. Recommendations are given for the design and calculation of water-energy calculations, process equipment and its layout. Hydroelectric potential for using the water resources of Tajikistan and Uzbekistan for the construction of HPPs/PSPPs of large capacities to cover the energy needs of Central Asian countries is shown.

Key words: pumped storage power plant (PSPP), hydropower potential, energy of Tajikistan and Uzbekistan, water energy, large hydroelectric power plants of Central Asia, water resources of Tajikistan, construction of PSPP.

Маълумот дар бораи муаллифон: Иноятова Камола Лавзаровна – Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Донишҷӯи докторант (PhD). Тел.: (+992) 934-44-73-52. E-mail: kamola.ikl@gmail.com; Гулахмадзода Аминҷон Абдучаббор - Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, директор, доктори илмҳои техникӣ. Тел.: (+992) 885-47-16-16. E-mail: agulakhmadov@gmail.com; Хочаева Нурбиби - ходими илмӣ Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел.: (+992)900251197, E-mail: ray05.03.25@gmail.com

Сведения об авторах: Иноятова Камола Лавзаровна – Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана, студент докторант (PhD). Тел.: (+992) 934-44-73-52. E-mail: kamola.ikl@gmail.com; Гулахмадзода Аминджон Абдучаббор - Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана, директор, доктор технических наук. Тел.: (+992) 885-47-16-16. E-mail: agulakhmadov@gmail.com, Ходжаева Нурбиби - научный сотрудник Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, Тел.: (+992)900251197, E-mail: ray05.03.25@gmail.com

Information about the authors: Inoyatova Kamola Lavzarovna - Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, PhD student. Phone: (+992) 934-44-73-52. E-mail: kamola.ikl@gmail.com; Gulakhmadzoda Aminjon Abdujabbor - Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Director, Doctor of Technical Sciences.

Phone: (+992) 885-47-16-16. E-mail: agulakhmadov@gmail.com; Hojaeva Nurbibi – Junior Researcher of the Institute of water problems, hydropower and ecology of National Academy of Sciences of Tajikistan, E-mail: ray05.03.25@gmail.com.

УДК 621.317.312

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УЧЕТА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Рахимзода Дж.Б.^{1*}, Вохидов М.М.¹, Кудратова Д.Дж.¹

¹Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, г. Душанбе

* Автор корреспонденции. E-mail: jam-rahimov@mail.ru

Аннотация: В статье рассмотрены основные причины потерь электрической энергии в электрических сетях различного напряжения. Приведены значения потерь электрической энергии в электрических сетях Республики Таджикистан и описаны основные методы их снижения. Определена эффективность использования интеллектуальных счетчиков, установленных для учета потребления электрической энергии, в распределительных устройствах низкого и высокого напряжения. Показано, что с использованием интеллектуальных счетчиков в сетях города Худжанд технические потери снизились с 18,4 % до 7,2 %.

Ключевые слова: потери, электрическая энергия, электрическая сеть, интеллектуальные счетчики, мощность, оборудование.

Введение

В Республике Таджикистан с целью роста экономики страны и повышения уровня благосостояния населения активно ведётся строительство новых крупных электрических станций и подстанций. При этом проблема потерь электрической энергии в сетях различного напряжения, характерная для электроэнергетических систем многих стран мира, включая Республику Таджикистан, остаётся одной из ключевых и актуальных для энергетической отрасли. Уровень потерь электрической энергии в сетях различного напряжения позволяет оценить целесообразность и масштабы внедрения энергосберегающих мероприятий.

Основными причинами потерь электрической энергии в электрических сетях являются: старение электрических сетей; перегрузка трансформаторов и автотрансформаторов, что приводит к значительным техническим потерям; недостаточно эффективная система учета, вызывающая

неэффективный учет и высокие коммерческие потери; отсутствие достоверной базы данных потребителей, включая наличие потребителей без счетчиков и отсутствие системы картирования потребителей; отсутствие надлежащей системы мониторинга и контроля за электрическими сетями и потребителями [2,5,8].

По официальным данным ОАО «Шабакҳои Интиқоли Барк» и «Шабакҳои Таксимоли Барк» (ШТБ) в 2023 году суммарные технические и коммерческие потери электрической энергии оценивались на уровне 21,2 %, что существенно превышает технические нормы [1].

Снижение потерь электрической энергии в сетях различного номинального напряжения является сложной комплексной задачей, которая требует существенных капиталовложений, необходимых для оптимизации электрических сетей, модернизации системы учета, ввода новых систем мониторинга и контроля электрической

сети и потребителей, а также обучения персонала.

С каждым годом потребление электрической энергии неуклонно растёт, что требует внедрения более эффективных и точных систем учета и контроля за её использованием. Одним из важнейших аспектов управления электроэнергетическими ресурсами является измерение потребления электричества, что позволяет не только контролировать затраты, но и оптимизировать использование ресурсов [3,6]. В настоящее время в электрических сетях городов и районов Республики Таджикистан активно устанавливаются интеллектуальные счётчики, которые управляются дистанционно, полностью исключая влияние человеческого фактора.

Интеллектуальные счётчики электрической энергии представляют собой современное решение для измерения и управления потреблением электрической энергии. Эти устройства являются неотъемлемой частью концепции «умного дома» и «умных сетей», обеспечивая двустороннюю связь между потребителями и поставщиками электрической энергии.

Интеллектуальные счётчики значительно отличаются от традиционных электромеханических и индукционных счётчиков благодаря возможности удалённого считывания данных и управления потреблением электрической энергии в реальном времени. Эти устройства оснащены встроенными коммуникационными модулями, которые позволяют им передавать данные о потреблении на серверы поставщика электрической энергии, а также получать команды для управления потреблением.

Развитие интеллектуальных счётчиков началось в конце XX века с появлением первых цифровых устройств, которые могли не только измерять потребление электрической энергии, но и передавать эти данные на удалённые серверы для ана-

лиза. Одной из первых стран, внедривших интеллектуальные счётчики в масштабах всей страны, стала Италия, где в 2001 году началась программа установки интеллектуальных счётчиков. Это позволило значительно улучшить управление энергоресурсами и сократить потери электрической энергии.

С тех пор технология интеллектуальных счётчиков постоянно совершенствуется и к настоящему времени стала неотъемлемой частью систем управления энергоснабжением во многих странах мира. Современные интеллектуальные счётчики оснащены множеством дополнительных функций, включая возможность дистанционного управления, автоматическое выявление неисправностей и интеграцию с другими интеллектуальными устройствами.

В начале 2000-х годов многие страны начали активно внедрять интеллектуальные счётчики в своих энергосистемах. Например, в США программы установки интеллектуальных счётчиков получили федеральную поддержку, что позволило охватить миллионы потребителей по всей стране. В Европе эти технологии также активно внедряются, и многие государства уже добились существенных успехов в данном направлении.

Одним из ключевых этапов в развитии интеллектуальных счётчиков стало появление технологии Интернета вещей (IoT), которая позволила значительно расширить возможности этих устройств. Интеллектуальные счётчики стали частью глобальной сети, обеспечивающей обмен данными между различными устройствами и системами. Это открыло новые перспективы для управления энергопотреблением и оптимизации работы энергосистем.

Принцип работы и основные функции интеллектуальных счётчиков

Интеллектуальные счётчики используют цифровые технологии для измерения и

передачи данных о потреблении электроэнергии. Основные компоненты интеллектуального счётчика включают:

- Измерительные цепи: Подобно электронным счётчикам, интеллектуальные счётчики используют измерительные цепи для преобразования аналоговых сигналов в цифровые.
- Микропроцессор: Центральный компонент, который обрабатывает данные, рассчитывает потребление энергии и выполняет дополнительные функции.
- Коммуникационные модули: Обеспечивают передачу данных на удалённые серверы или в центры управления. Это могут быть модули GSM, PLC, Wi-Fi, ZigBee и другие.
- Память: Хранит данные о потреблении энергии, параметрах сети и других показателях.
- Дисплей: Предоставляет пользователю информацию о потреблении электроэнергии и других параметрах.

Основные функции интеллектуальных счётчиков включают:

- Измерение потребления энергии: Точное измерение и регистрация данных о потреблении электроэнергии.
- Двусторонняя связь: Возможность передачи данных на удалённые серверы и получение команд от центра управления.
- Многотарифный учёт: Измерение потребления электроэнергии по различным тарифам.
- Удалённое управление: Возможность дистанционного включения и отключения потребителей, изменения тарифов и других параметров.
- Автоматическое выявление неисправностей: Обнаружение и диагностика неисправностей в сети электроснабжения.

- Сбор и анализ данных: Интеллектуальные счётчики могут собирать и анализировать данные о потреблении электроэнергии в реальном времени, что позволяет поставщикам энергии и пользователям принимать более обоснованные решения.
- Интеграция с системами умного дома: Интеллектуальные счётчики могут взаимодействовать с другими устройствами в доме, такими как термостаты, солнечные панели и системы хранения энергии, обеспечивая оптимальное управление потреблением электроэнергии.

Интеллектуальные счётчики также могут оснащаться различными дополнительными функциями, такими как обнаружение кражи электроэнергии, мониторинг качества электроэнергии и управление нагрузкой. Эти функции позволяют улучшить надёжность и эффективность работы энергосистем.

На рисунок 1 приведена предполагаемая иерархия системы интеллектуальных счетчиков.

В последние годы в Республике Таджикистан для уменьшения уровня технологических и коммерческих потерь электрической энергии осуществляется реконструкция и модернизация электрических сетей низшего и среднего напряжения городов и районов.

В 2014 году началась реализация проекта по снижению уровня потерь электрической энергии в Согдийской области. Цель проекта - снижение технических и коммерческих потерь электрической энергии за счет реконструкции части электрических сетей, ввода биллинговой системы учета и установки интеллектуальных счетчиков.

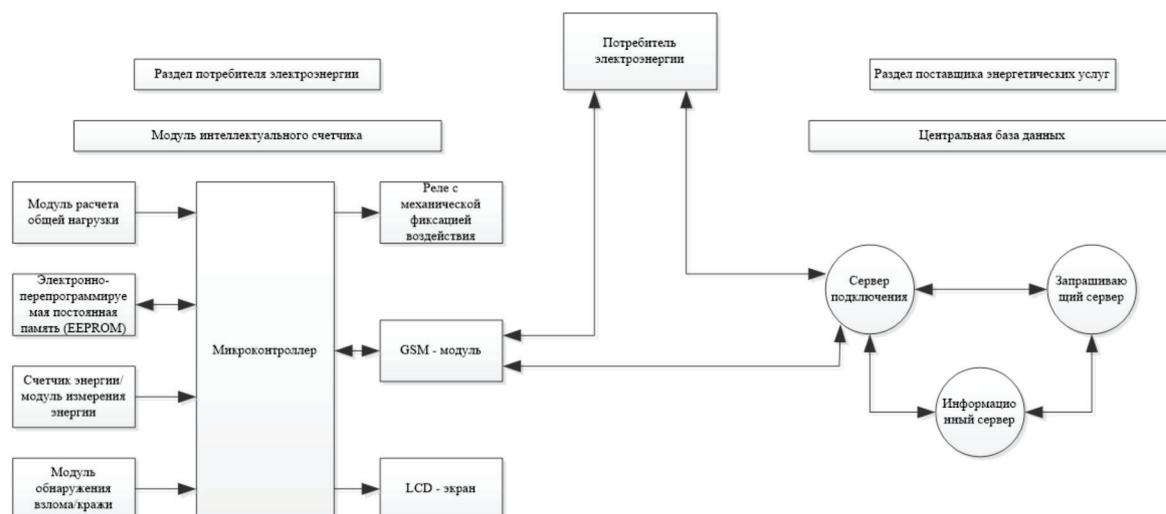


Рисунок 1. Предполагаемая иерархия системы интеллектуальных счетчиков.

На сегодняшний день в городе Худжанд и его окрестностях установлено более 80 тысяч интеллектуальных счётчиков, свыше 2 тысяч измерительных трансформаторов тока и напряжения, внедрена автоматизированная система управления и учёта электрической энергии, функционирует биллинговая система. Также было установлено около 7 тысяч железобетонных опор, проложено около 3 тысяч километров кабельных линий различного сечения, смонтировано более 500 ячеек напряжением 0,4 кВ и другие связанные с ними устройства и оборудования.

В результате реализации проекта по снижению уровня потерь электрической энергии в Согдийской области, показатель потерь в электрических сетях города Худжанд снизился с 18,4 % до 7,2 %. Кроме того, сбор средств за использование электрической энергии достиг 100 %. На рисунке 2 представлена гистограмма, отражающая потери электрической энергии в электрических сетях ОАО «ШТБ» в городе Худжанд за период с 2022 по 2024 годы.

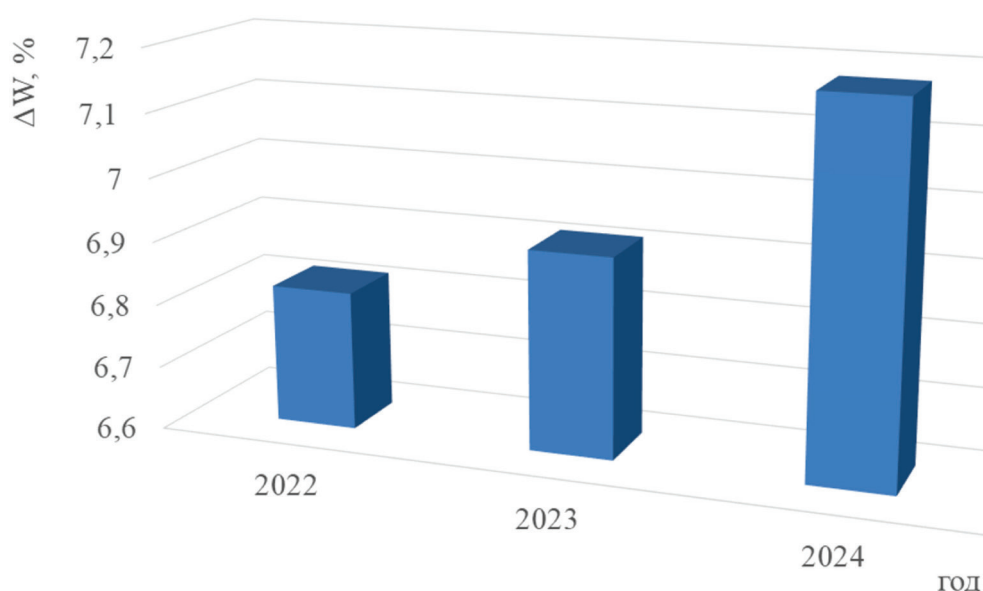


Рисунок 2. Гистограмма технических потерь в электрических сетях ОАО «ШТБ» в городе Худжанд.

Из рисунка 2 видно, что технические потери электрической энергии в электрических сетях ОАО «ШТБ» в городе Худжанд на сегодняшний день составляют 7,18 %, что находится в допустимых пределах. Также из рисунка 2 видно, что технические потери электрической энергии в 2024 году больше, чем в 2022 и 2023 годах. Увеличению технических потерь способствуют внедрение новых воздушных и кабельных линий электропередачи, подстанций различного напряжения и других факторов. Исходя из этого, можно сделать вывод, что электрические сети города Худжанд по уровням потерь электрической энергии достигли результатов, характерных для развитых стран, таких как Япония, Соединенные Штаты Америки, Западная Европа, Китай и Канада [2].

В 2022 году электрические сети ОАО «ШТБ» в городе Худжанд приняли 705 475 623 кВт·ч электрической энергии. Технические потери в том году составили 48 105 256 кВт·ч, что равно 6,82 %. Если бы потери электрической энергии в сравнении с предыдущими годами, когда не были установлены интеллектуальные счетчики, остались на уровне более 12 %, то эквивалент этих потерь по сегодняшнему тарифу составил бы примерно 26 млн сомони. В расчетах использован тариф 0,3075 сомони за кВт·ч, так как, согласно данным Министерства энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан, основным потребителем электрической энергии в стране является коммунальное хозяйство, которое составляет почти 47 % от общего потребления электричества.

Выводы

1. Применение интеллектуальных счетчиков в электрических сетях ШТБ в городе Худжанд показывает, что их использование повышает эффективность учета потребления электрической энергии и способствует уменьшению технических потерь;

2. С использованием интеллектуальных счетчиков в электрических сетях города Худжанда технические потери электрической энергии снизились в пределах допустимых норм.
3. Реализация автоматизированной системы учета электрической энергии снижает количество контроллеров, что полностью устраняет влияние человеческого фактора.
4. Применение интеллектуальных счетчиков электрической энергии улучшает надёжность и эффективность работы энергосистем.

Литература

1. Официальный сайт Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан [Сайт]. – URL: https://www.mewr.tj/?page_id=552 (Дата обращения: 06.04.2024).
2. Ушаков, В.Я. Современные проблемы электроэнергетики: учебное пособие / В.Я. Ушаков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 448 с.
3. Фурсанов, М.И. Расчеты технологического расхода (потерь) электроэнергии на ее транспорт в электрических сетях энергосистем: учебно-методическое пособие / М.И. Фурсанов, А.А. Золотой, В.В. Макаревич. – Минск: БНТУ, 2018. – 111 с.
4. Садыкова Ф.М. Анализ потерь электрической энергии и пути их снижения в городских электрических г. Махачкалы. Нормирование технологических потерь электрической энергии. Системные технологии, 2014, №4 (13). Стр. 90 – 95.
5. Анисимов А.П. Левин М. С., Пекелес В.Г. Методика расчета потерь электроэнергии в распределительных сетях. Электричество, 1975 -174с
6. Железко, Ю.С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях Текст. / Ю.С. Железко. М.: Энергоатомиздат, 1989.- 176 с.
7. Железко, Ю.С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчетов Текст. / Ю.С. Железко, А.В. Артемьев, О.В. Савченко. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003.- 280 с.
8. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем Текст. / под ред. В.Н.Казанцева.- М.: Энергоатомиздат, 1983.- 368 с.

БАҲОДИҲИИ САМАРАНОКИИ СИСТЕМАИ ИНТЕЛЕКТУАЛИИ ҲИСОБИ ИСТЕЪМОЛИ ЭНЕРГИЯИ ЭЛЕКТРИКӢ

Раҳимзода Ҷ.Б.^{1*}, Воҳидов М.М.¹, Қудратова Д.Ҷ.¹

¹Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ.

*Муаллифи масъул. E-mail: jam-rahimov@mail.ru

Шарҳи мухтасар: Дар мақола сабабҳои асосии талафоти энергияи барқ дар шабакаҳои барқии шиддатҳои гуногун баррасӣ карда шудааст. Қиматҳои талафоти энергияи барқ дар шабакаҳои барқии Ҷумҳурии Тоҷикистон оварда шуда, усулҳои асосии кам кардани онҳо тавсиф карда шудаанд. Самаранокии истифодаи ҳисобкунакҳои интеллектуалӣ барои баҳисобгирии сарфи нерӯи барқ дар дастгоҳҳои тақсими паст ва баландшиддати барқ муайян карда шудааст. Дар натиҷа муайян карда шуд, ки бо истифода аз ҳисобкунакҳои интеллектуалӣ дар шабакаҳои шаҳри Хучанд, талафоти техникӣ аз 18,4% то 7,2% коҳиш ёфтааст.

Калидвожаҳо: талафот, нерӯи барқ, шабакаи барқ, ҳисобкунакҳои интеллектуалӣ, қувва, таҷҳизот.

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF INTELLIGENT SYSTEMS OF ELECTRICITY ACCOUNTING SYSTEMS

Rakhimzoda J.B.^{1*}, Vohidov M.M.¹, Qudratova D.J.¹

¹Tajik technical university named after academician M.S. Osimi.

*Corresponding author: E-mail: jam-rahimov@mail.ru

Abstract: The article considers the problems of power losses in electrical networks of the electric power system. Analysis of methods for calculating losses in high-voltage networks is an important aspect in the energy efficiency and economic efficiency of electricity transmission systems. Calculation of electricity losses in high-voltage networks helps to determine the efficiency of the system, identify problem areas and take measures to improve them. The article also assesses the measures to reduce electrical energy losses.

Keywords: loss, electrical energy, electrical network, energy system, capacity, equipment.

Сведения об авторах: Раҳимзода Ҷамшед Бобомурод – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, кандидат технических наук, доцента кафедры “Электрические станции”, Тел: (+992) 987477771, E-mail: jam-rahimov@mail.ru; Воҳидов Миробид Мирвоҳидович – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, кандидат технических наук, и.о.доцента кафедры “Электроснабжение”, Тел.: (+992) 935653737, E-mail: supergold84@mail.ru; Қудратова Дилноза Ҷамшедовна – Таджикский технический Университет имени академика М.С. Осими, магистрант первого курса кафедры «Электрические станции», E-mail: dilnoza.qdrtva@gmail.com

Маълумот дар бораи муаллифони: Раҳимзода Ҷамшед Бобомурод – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М. С. Осимӣ, номзади илмҳои техникӣ, дотсенти кафедраи “Неругоҳҳои электрики”. Тел.: (+992) 987477771, jam-rahimov@mail.ru; Воҳидов Миробид Мирвоҳидович – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М. С. Осимӣ, номзади илмҳои техникӣ, и.в. дотсенти кафедраи “Электротабминкунӣ”. Тел.: (+992) 93-565-37-37, E-mail: supergold84@mail.ru; Қудратова Дилноза Ҷамшедовна – Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М. С. Осими, магистранти курси якуми кафедраи «Неругоҳҳои электрикӣ» E-mail: dilnoza.qdrtva@gmail.com

Information about the authors: Rakhimzoda Jamshed Bobomyrod – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, Associate Professor of the Department of “Electric Power Plants” Phone: (+992) 987477771, E-mail: jam-rahimov@mail.ru; Vohidov Mirobid Mirvohidovich – Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi, acting assistant professor of electrical power supply, candidate of technical sciences. Phone: (+992) 935653737, E-mail: supergold84@mail.ru; Qudratova Dilnoza Jamshedovna – first-year master's student of the Department of Electric Power Plants, E-mail: dilnoza.qdrtva@gmail.com

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ТАДЖИКИСТАНЕ: ДИВЕРСИФИКАЦИЯ, ВЫЗОВЫ И СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПУТИ К ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ

Хасанов Б.М.^{1,*}, Гулахмадзода А.А.¹, Рахмонов Ш.С.¹

^{1,*}Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ

*Адрес корреспондент. E-mail: bhasanzoda@outlook.com

Аннотация. Таджикистан, центральноазиатская страна с богатыми гидроэнергетическими ресурсами, занимает одно из первых мест в мире по гидроэнергетическому потенциалу. Несмотря на значительные природные ресурсы, страна сталкивается с проблемами диверсификации своего энергетического баланса, устранения сезонных дисбалансов электроэнергии и достижения энергетической независимости. В этом документе рассматривается эволюция энергетического сектора Таджикистана, подчеркивая его зависимость от гидроэнергетики, развитие возобновляемых источников энергии и продолжающиеся усилия по увеличению экспортного потенциала с помощью таких проектов, как CASA-1000. В нем рассматриваются социально-экономические последствия диверсификации энергетики, роль небольших проектов в области возобновляемых источников энергии для электрификации сельских районов, а также меры политики в рамках Национальной стратегии развития до 2030 года. Среди ключевых приоритетов – снижение потерь энергоресурсов, модернизация инфраструктуры, внедрение альтернативных источников энергии. Полученные результаты подчеркивают преобразующий потенциал внедрения возобновляемых источников энергии и региональной торговли электроэнергией для укрепления энергетической безопасности и экономического роста.

Ключевые слова: гидроресурсы, ВИЭ, энергетический баланс, диверсификация, сезонные дисбалансы,

Введение

Таджикистан, горная страна Центральной Азии, граничит с Афганистаном, Китаем, Кыргызстаном и Узбекистаном. К началу 2022 года его население достигло 10 миллионов, увеличиваясь в годовом исчислении на 2-2,2% [11]. ВВП страны составил \$10,5 млрд с реальным темпом роста 7,1% [11]. Примечательно, что уровень бедности снизился с 83% в 2000 году до 12,4% в 2022 году [11].

Таджикистан обладает значительными гидроэнергетическими ресурсами, оцениваемыми в 527 ТВтч в год. Технически он может использовать 317 ТВтч в год, хотя было использовано только 5-6%, что ставит его на 8-е место в мире по гидроэнергетическому потенциалу и первое место на единицу площади [5].

Страна уделяет особое внимание развитию возобновляемых источников энергии, особенно мелкомасштабных проектов. С более чем 200 днями интенсивного солнечного света и многочисленными реками, Таджикистан подходит для солнечных электростанций. Он также исследует

энергию ветра, биомассы и геотермальную энергию [5]. По состоянию на 1 января 2022 года в эксплуатации функционируют 284 малые гидроэлектростанции (ГЭС) мощностью от 5 кВт до 4 300 кВт. Кроме того, доля угля в энергетическом балансе составляет 5-7% [7].

Таджикистан имеет 21 месторождение угля с запасами 3,6 млрд тонн, в том числе 73,4% прогнозных, 17,8% предварительно оцененных и 8,8% промышленных запасов [3]. Перспективные нефтегазозаведочные участки имеются также в Афгано-Таджикском бассейне и Западно-Ферганской впадине.

Электроэнергетическая система унифицирована и охватывает четыре области: Согдийский, Хатлонский, Душанбинский и Республиканские районы подчинения. Сеть включает в себя сети 500 кВ, 220 кВ и 110 кВ с линиями электропередачи протяженностью 489 км, 1 960 км и 4 327 км, а также несколькими подстанциями [5].

Государственным ОАО «Барки Точик» управляет электроэнергетическим сектором. В 2020 году были созданы ОАО

«ШИБ» и ОАО «ШТБ» для надзора за передачей и распределением, за исключением Горно-Бадахшанской автономной области (ГБАО), где частная компания «Памир Энерджи» осуществляет незави-

симую деятельность с сетью 35/10/0,4 кВ протяженностью 2 609 км [7]. Упрощенная карта передачи представлена на рисунке 1.

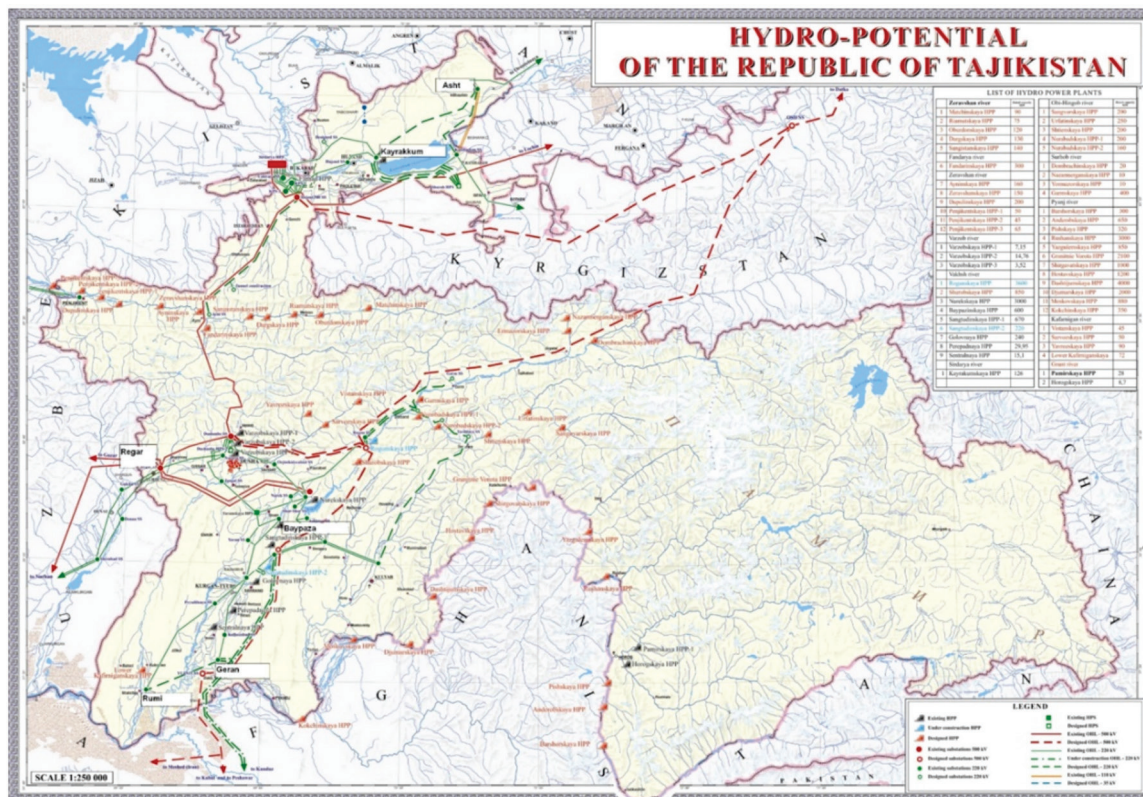


Рисунок 1. Упрощенная карта передачи
Источник: МЭВР, Генеральный план развития сектора.

Индикаторы энергосистем

Общая мощность энергосистемы Таджикистана составляет 6 124 МВт, из которых 88% приходится на гидроэлектростанции, а на долю тепловых электростанций – 12% [3]. В 2021 году на долю гидроэнергетики приходилось примерно 92% вырабатываемой электроэнергии [3]. К крупным гидроэлектростанциям относятся «Норак», «Байпаза», «Сангтуда-1» и «Сангтуда-2». В стране также есть две тепловые электростанции: Душанбинская тепловая электростанция (198 МВт) и Тепловая электростанция Душанбе-2 (400 МВт) [3] (Таблица 1).

Гидроэнергетика является основным и наиболее эффективным возобновляемым источником энергии в Таджикистане. Его

потенциал значительно превышает нынешнее энергопотребление в Центральной Азии в 3,5 раза [3]. Другие возобновляемые источники, такие как солнечная энергия, ветер, биомасса и геотермальная энергия, могут удовлетворить около 10% энергетических потребностей страны [3]. Примерно 10% населения проживает в отдаленных районах, что делает маломасштабные проекты в области возобновляемых источников энергии жизнеспособными. Небольшие гидроэлектростанции рядом с потребителями позволяют избежать дорогостоящих линий электропередачи.

Среднегодовая выработка электроэнергии, в основном гидроэлектростанциями, составляет около 19 млрд кВтч с уче-

том сезонных колебаний. Самая низкая выработка наблюдается осенью-зимой, когда спрос наиболее высок, в то время

как летняя генерация часто превышает спрос на 1-3 млрд кВтч [1].

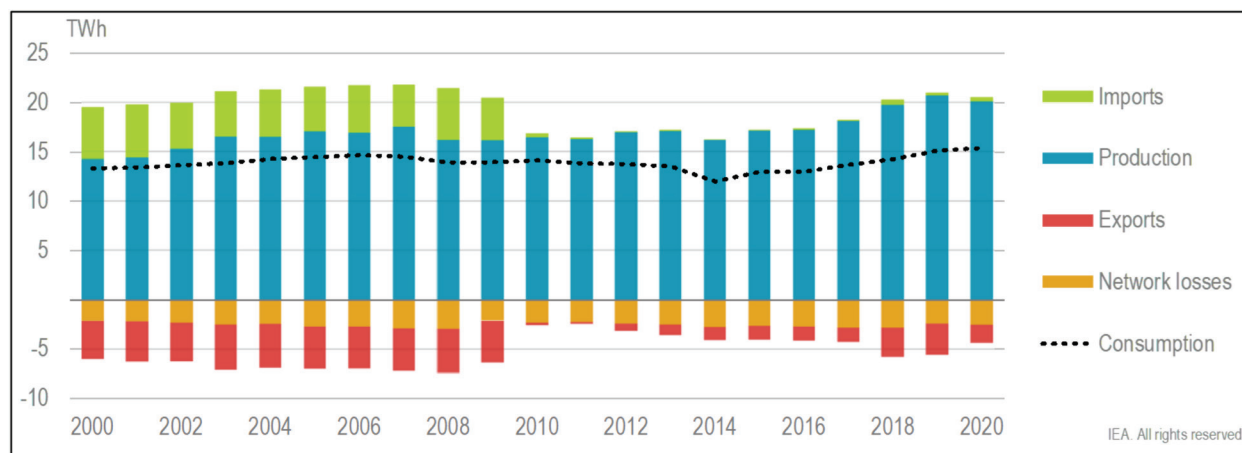


Рисунок 2. Электроснабжение Таджикистана, 2000-2020 гг.¹

Источник: МЭА (2022), Таджикистан 2022, Обзор энергетического сектора.

Таблица 1. Генерирующая мощность в Таджикистане, 2022 г.

Наименование ГЭС	Тип	Единиц	Установлен-ная мощность (МВт)	Располагае-мая мощность (МВт)	Оператор
Нурек	Резервуар	9	3000	2400	Барки Точик
Байпаза	Русло реки	4	600	450	Барки Точик
Каскад Вахш	Русло реки		293.05	214	Барки Точик
Головная		6			
Перепадная		3			
Центральный		2			
Каскад Варзоб	Русло реки		27.42	7	Барки Точик
Варзоб-1		2			
Варзоб-2		2			
Варзоб-3		2			
Кайраккум	Русло реки	6	126	120	Барки Точик
Сангтуда-1	Русло реки	4	670	670	ЕЭС ²
Сангтуда-2	Русло реки	2	220	220	Барки Точик
Рогунская ГЭС	Резервуар	2	400	240	Барки Точик

¹ Примечание: Таджикистан был отключен от CAPS в 2009 году, что объясняет сокращение объемов торговли с 2010 года. В 2018 году она возобновила подключение и начала двустороннюю торговлю электроэнергией с Узбекистаном.

² Примечание: ЕЭС = Единые энергетические системы

Когенерация Душанбе-1	ТЭЦ	1	198	42	Барки Точик
Когенерация в Душанбе-2	ТЭЦ	4	400	400	Барки Точик
Яванская когенерация	ТЭЦ	1	120		
Памир Энерджи (комбинированный)			44.79		Памир Энерджи
Малые гидроэлектростанции	Русло реки	17	24.74		Барки Точик
Итого			6124	4763	

Источник: Трансграничная торговля электроэнергией для Таджикистана: дорожная карта [2]

Таблица 2. Существующие межгосударственные линии электропередачи.

№	Наименование линии электропередачи	Напряжение [кВ]	Марка и сечение провода ³	Длина [км]	Мощность, МВт	Максимальная экономическая мощность, МВт	Заметка (состояние линии электропередачи)
1	Регар-Гузар	500	АКО-300	257	1200	980	Отключен
2	Регар-Сурхан	500	АКО-300	162,3	1000	980	В рабочем состоянии
3	Регар-Гульча	220	АКО-300	72	248	145	В рабочем состоянии
4	Регар-Шерабад	220	АКО-300	54,9	248	145	В рабочем состоянии
5	Сугд -Сырдарьинская ГРЭС	220	АС-400	19,1	2х248	300	В рабочем состоянии
6	Сугд -Сырдарьинская ГРЭС	220	АС-400	19,6	400	300	В рабочем состоянии
7	Самарканд-Рудаки	220	АС-300	66	250	150	Отключен
8	Ашт-Аби Хаёт	220	АС-300	30	250	150	Отключен
ИТОГО в Узбекистан:						3150	
7	Сангтуда-Пули Хумри	220	АС-400	283	2х297	500	В рабочем состоянии
8	Герань-Кундуз	110	АС-150	120	80,9	35	В рабочем состоянии
ИТОГО в Афганистан:						535	
9	Канибадам-Айгулташ	220	АС-300	53,2	248	145	В рабочем состоянии

³ Примечание: Допустимые долговременные мощности для неизолированных стально-алюминиевых проводов для различных классов напряжения указаны в соответствии с температурой окружающей среды +25°C.

10	Зумрад-Ай-гульташ	110	АС-150	43	80,9	35	В рабочем состоянии
11	Ходжа Бакирган - Арка	110	АС-120	1,73	67,4	26	В рабочем состоянии
12	Пролетарск-Сулукта	110	АС-185	10,3	91,7	45	В рабочем состоянии
13	Ленинабадская-Сулукта	35	АС-70	36	47,6	10	В рабочем состоянии
ИТОГО по Кыргызстану:						261	
						3946	

Источник: Трансграничная торговля электроэнергией для Таджикистана: дорожная карта [2].

Потенциал экспорта электроэнергии

Экспорт и импорт электроэнергии имеют решающее значение во внешнеэкономической деятельности Таджикистана. Основными странами-импортерами явля-

ются Афганистан, Узбекистан и Кыргызстан. Таджикистан импортирует электроэнергию из Узбекистана и Кыргызстана в маловодные периоды осенью и зимой.

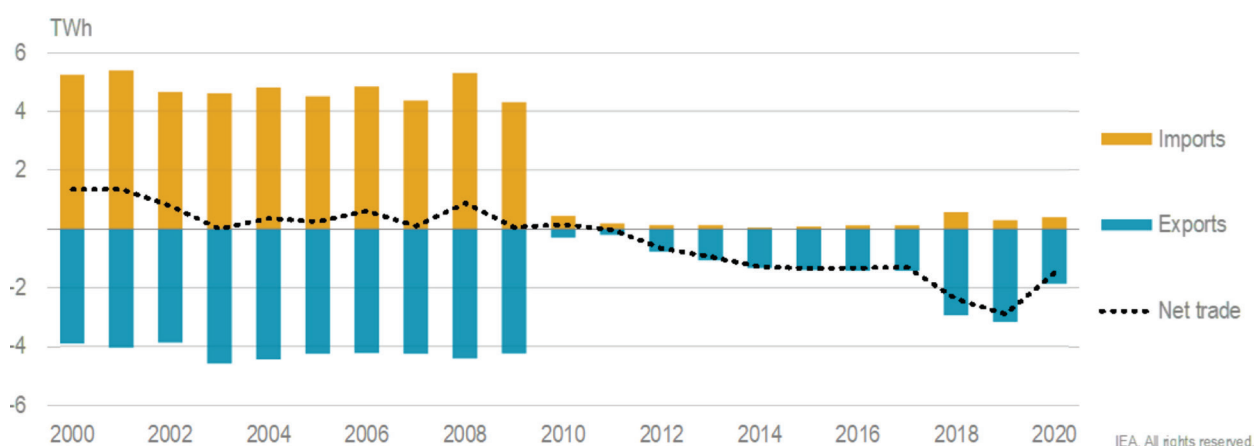


Рисунок 3. Торговля электроэнергией в Таджикистане, 2000-2020 гг.

Источник: Таджикистан 2022, Обзор энергетического сектора [3].

В последние годы развиваются межгосударственные биржи электроэнергии. В 2021 году Таджикистан экспортировал 1,14 млрд кВтч в Узбекистан и 1,27 млрд кВтч в Афганистан [3]. Объем торговли электроэнергией в 2020 и 2021 годах зависел от притока воды на Нурекскую ГЭС. В 2020 году электроэнергия составила 2,3% внешнеторгового оборота Таджикистана и 3,7% экспорта товаров и услуг [3].

Между Таджикистаном и соседями проложено 13 линий электропередачи, общей мощностью 3 546 МВт. В том числе 3 150 МВт приходится на Узбекистан,

241 МВт на Кыргызстан и 535 МВт на Афганистан [5] (Таблица 2).

Тем не менее, многие линии электропередачи используются недостаточно. К примеру, линия Регар-Сурхан 500 кВ используется примерно на 470 МВт, а линия Герань-2 – Пули-Хумри 220 кВ – на 300-350 МВт в летний период. Несколько ниток остаются в значительной степени неиспользуемыми из-за отключения Таджикистана от Единой энергетической системы Центральной Азии в 2009 году [1].

Таджикистан активно участвует в проекте CASA 1000, целью которого является

поставка 3 млрд кВтч ежегодно в Пакистан и Афганистан в летний период, с потенциалом увеличения до 11 млрд кВтч в

Пакистан и 500 МВт в Афганистан в другие сезоны. Проект должен быть введен в эксплуатацию к 2027 году.

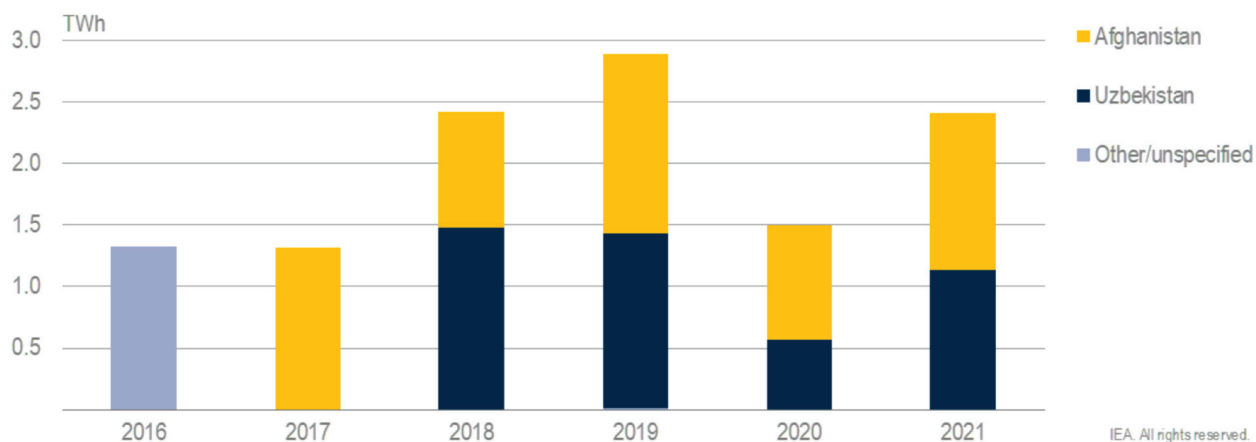


Рисунок 4. Чистый экспорт электроэнергии из Таджикистана по странам, 2016-2021 гг.¹
Источник: Таджикистан 2022, Обзор энергетического сектора [3]

В целях повышения энергетической стабильности и экспортного потенциала Таджикистан работает над восстановлением параллельной работы с Единой энергетической системой Центральной Азии. Речь идет о восстановлении линии электропередачи 500 кВ «Регар-Гузар» и подключении линии 500 кВ «Юг-Север» к энергосистеме Узбекистана.

Поэтапный ввод в эксплуатацию Рогунской ГЭС и модернизация существующих станций позволят построить новые линии электропередачи, увеличив экспортные мощности в Центральную и Южную Азию.

Тарифы на электроэнергию

В настоящее время тарифы на электроэнергию в Таджикистане составляют примерно 3,24 цента за кВт.ч на внутреннем рынке [2]. Эти тарифы увеличиваются почти на 15% ежегодно в соответствии с обязательствами перед международными партнерами по развитию [2]. Экспортный тариф с учетом договоренностей с Пакистаном и Афганистаном составляет 5,5 центов за кВтч [2]. Оба тарифа подлежат ежегодной индексации с помощью раз-

личных механизмов, при этом существующий тариф на экспорт электроэнергии в Афганистан по линии 220 кВ Герань-Пуле Хумри в 2019 году зафиксирован на уровне 4,3 цента США за кВтч [2]. Правительство Таджикистана утвердило Концепцию тарифного регулирования и новую методологию расчета тарифов на основе прозрачных принципов и рыночных аспектов. Кроме того, в соответствии с решениями правительства был создан регулирующий орган [7].

Ключевые вопросы и приоритеты в развитии сектора.

Производство электроэнергии на гидроэлектростанциях в Таджикистане носит ярко выраженный сезонный характер, со значительными колебаниями между весной-летом и осенью-зимой. Это приводит к перепроизводству летом и дефициту зимой, особенно с октября по апрель/май, что совпадает с пиковым спросом на электроэнергию. В летний период наблюдается избыток в 3-5 млрд кВт.ч.

Около 73% населения Таджикистана проживает в сельской местности, более 10% – в отдаленных горных районах.

¹ Примечания: Данные представляют собой разницу между годовым импортом и экспортом в страну. Годовой чистый товарооборот с Кыргызстаном ничтожно мал и не показан на графике.

Плотность населения может составлять всего 2-3 человека на квадратный километр, при этом ограниченная инфраструктура и значительный износ энергетического оборудования приводят к периодическим отключениям электроэнергии. Согласно Национальной стратегии развития до 2030 года [4], около 2,5% населения, или более 700 сел, не имеют доступа к электричеству. Эти поселения часто являются недавно созданными и расположены в труднодоступных районах.

Руководство ОАО «Барки Точик» заявляет, что прокладка линий электропередачи и строительство подстанций на этих территориях экономически нецелесообразны. Местным исполнительным органам, отвечающим за эти задачи, не хватает средств. Оптимальным решением является установка солнечных батарей и использование других возобновляемых источников энергии.

Диверсификация источников энергии и повышение энергоэффективности имеют решающее значение. Потери энергии при производстве и транспортировке достигают 3,7%, а в секторе потребления – 26,0%. Потенциал энергосбережения оценивается примерно в 3,8 млрд кВт·ч [11].

Внедрение возобновляемых источников энергии в сельских и горных районах улучшит энергоснабжение, уменьшит бедность и облегчит доступ к основным услугам, способствуя сохранению окружающей среды и технологическому развитию. Национальная стратегия развития до 2030 года (НСР-2030) направлена на увеличение доли энергии из альтернативных источников до 10% от общего объема производства электроэнергии [4].

Достижение энергетической независимости является одной из стратегических целей Таджикистана. В НСР-2030 установлены ключевые показатели для энергетического сектора: увеличение проектной мощности системы до 10 ГВт, снижение потерь в сети на 10%, увеличение

ежегодного экспорта электроэнергии до 10 млрд кВт·ч, диверсификация энергетических мощностей на 10% и получение дополнительных 500 млн кВт·ч в год за счет возобновляемых источников и энергосберегающих технологий [4].

Обсуждение

Энергетический сектор Таджикистана характеризуется огромным неиспользованным потенциалом, особенно в гидроэнергетике, наряду с насущными проблемами, требующими стратегических вмешательств. В ходе этой дискуссии обобщены основные выводы анализа, выделены области возможностей и решены системные проблемы, препятствующие прогрессу.

Потенциал гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии. Гидроэнергетический потенциал Таджикистана, оцениваемый в 527 ТВтч в год, остается недоиспользованным, и на сегодняшний день задействовано только 5-6%. Доминирование гидроэнергетики в энергетическом балансе, на долю которой приходится около 92% от общего объема производства электроэнергии, подчеркивает ее ключевую роль. Однако сезонная изменчивость доступности воды создает дисбаланс между летним избытком и зимним дефицитом. Ввод в эксплуатацию таких проектов, как Рогунская ГЭС и модернизация существующей инфраструктуры, могли бы смягчить эти диспропорции, повысив надежность энергоснабжения и экспортные мощности.

Другие возобновляемые источники энергии, такие как солнечная энергия, ветер и биомасса, предлагают дополнительные возможности для диверсификации энергетического баланса. 200+ солнечных дней в году в Таджикистане являются хорошими возможностями для развития солнечной энергетики, особенно в отдаленных и горных регионах, где централизованный доступ к сетям ограничен. Точно так же ветровая и геотермальная

энергия, хотя и находятся на начальных стадиях развития, обещают локальное применение и электрификацию сельских районов.

Проблемы энергетической инфраструктуры и доступа. Энергетическая инфраструктура в Таджикистане демонстрирует значительный износ и неэффективность, при этом потери при передаче электроэнергии в секторе потребления составляют 26%. Электрификация сельских районов остается серьезной проблемой, поскольку более 700 деревень не имеют доступа к электричеству из-за экономических и логистических ограничений. Небольшие проекты в области возобновляемых источников энергии, особенно солнечные и микрогидроэлектростанции, представляют собой экономически эффективную альтернативу традиционному расширению сети для этих отдаленных районов.

Нынешняя сетевая система, хотя и унифицирована, страдает от ограниченной взаимосвязанности с соседними странами из-за устаревших или недостаточно используемых линий электропередачи. Восстановление параллельной работы с Единой энергетической системой Центральной Азии и такие проекты, как CASA-1000, направлены на устранение этих ограничений, укрепление региональной торговли и стабилизацию внутреннего предложения.

Социально-экономические последствия и политические вмешательства. Роль энергетического сектора в социально-экономическом развитии Таджикистана невозможно переоценить. Доступная и надежная электроэнергия имеет основополагающее значение для повышения уровня жизни, содействия промышленному росту и сокращения бедности. Примечательно, что снижение уровня бедности с 83% в 2000 году до 12,4% в 2022 году коррелирует с улучшением доступности энергии и экономической активности.

Меры политики в рамках Национальной стратегии развития до 2030 года (НСР-2030) подчеркивают увеличение доли возобновляемых источников энергии до 10%, сокращение потерь в сетях и увеличение экспортных доходов. Однако достижение этих целей требует значительных инвестиций в инфраструктуру, регулятивные реформы для привлечения частного участия и наращивание потенциала таких учреждений, как ОАО «Барки То-чик».

Возможности для регионального сотрудничества и торговли. Стратегическое расположение Таджикистана и гидроэнергетические мощности делают его потенциальным энергетическим узлом в Центральной и Южной Азии. Такие проекты, как CASA-1000, который облегчает экспорт электроэнергии в Афганистан и Пакистан, иллюстрируют растущую роль страны в региональной энергетической динамике. Укрепление двусторонних соглашений с Узбекистаном и Кыргызстаном еще раз подчеркивает важность механизмов сотрудничества для трансграничной торговли электроэнергией.

Однако для максимизации экспортного потенциала необходимо в первую очередь решить проблему внутреннего дефицита. Стратегические инвестиции в решения по аккумулированию, такие как гидроаккумулирующая электроэнергия, могут помочь справиться с сезонными колебаниями и стабилизировать круглогодичное предложение. Кроме того, диверсификация экспортных рынков за пределы ближайших соседей за счет более отдаленных стран может повысить экономическую устойчивость.

Заключение и рекомендации по политике

Энергетический сектор Таджикистана обладает огромным потенциалом, в частности, благодаря своим обширным возобновляемым ресурсам, в которых ведущую роль играет гидроэнергетика. В настоя-

щее время страна использует лишь часть своих энергетических возможностей, оставляя значительные возможности для роста. Гидроэнергетика вносит значительный вклад в производство и экспорт электроэнергии, что делает Таджикистан важным игроком в региональной торговле энергоносителями. Тем не менее, сезонные энергетические дисбалансы, дефицит инфраструктуры, высокие потери при передаче и недостаточная диверсификация энергетики создают серьезные проблемы. Решение этих проблем имеет решающее значение для достижения энергетической независимости и обеспечения устойчивого роста.

Зависимость страны от гидроэнергетики создает уязвимость, особенно в зимние месяцы, когда спрос достигает пика, а производство энергии снижается. Кроме того, около 10% населения, в первую очередь в отдаленных регионах, не имеют надежного доступа к электричеству. Диверсификация энергетического баланса и повышение эффективности на всех этапах производства, передачи и потребления имеют решающее значение для преодоления этих проблем. В то же время, содействие региональному сотрудничеству и оптимизация экспорта энергоносителей могут укрепить экономику и усилить роль Таджикистана в энергетическом ландшафте Центральной Азии.

Рекомендации по политике

Для повышения энергетической диверсификации и устойчивости Таджикистан должен уделять приоритетное внимание развитию проектов в области возобновляемых источников энергии, таких как солнечная, ветровая и биомасса, особенно в отдаленных и сельских районах. Эти источники энергии могут эффективно дополнять гидроэнергетику и восполнять сезонный дефицит энергоснабжения. Кроме того, разведка и разработка геотермальных ресурсов позволит еще больше диверсифицировать энергетический портфель,

обеспечивая стабильное круглогодичное энергоснабжение.

Модернизация энергетической инфраструктуры имеет важное значение для повышения эффективности. Внедрение передовых сетевых технологий может значительно сократить потери при передаче и распределении, в то время как поощрение промышленных и бытовых потребителей к принятию мер по энергосбережению с помощью стимулов и информационных кампаний может способствовать формированию культуры эффективности. Модернизация существующих сетей и строительство новых линий электропередачи обеспечит системе возможность справляться с избыточным производством и поддерживать надежное снабжение в периоды пикового спроса. Содействие развитию децентрализованных систем, таких как микросети и автономные установки возобновляемых источников энергии, может улучшить доступ к энергии в изолированных и горных регионах.

Региональное энергетическое сотрудничество открывает значительные возможности для экономического роста и устойчивости. Укрепление и расширение соглашений с соседними странами позволит максимально увеличить экспорт электроэнергии, особенно в летний период, когда имеются излишки энергии. Доработка и практическая реализация региональных инициатив, таких как CASA-1000, обеспечит новые рынки для энергоносителей Таджикистана и превратит страну в региональный энергетический хаб.

Политические и институциональные реформы имеют решающее значение для привлечения инвестиций и обеспечения устойчивости энергетического сектора. Внедрение рыночных механизмов ценообразования на электроэнергию может привлечь частные инвестиции, в то время как укрепление регулятивного потенциала обеспечит эффективный надзор за про-

ектами, соблюдение стандартов и поощрение участия частного сектора.

Наращивание потенциала и вовлечение общественности также имеют решающее значение. Программы обучения специалистов в области энергетики будут способствовать внедрению и поддержанию современных технологий, в то время как кампании по информированию общественности могут информировать сообщества о преимуществах возобновляемых источников энергии и практиках энергосбережения. Инвестиции в исследования необходимы для поиска альтернативных энергетических решений, которые соответствуют уникальным условиям Таджикистана. Совместные пилотные проекты с международными организациями могут способствовать инновациям и передаче знаний.

Приняв эти комплексные меры политики, Таджикистан может в полной мере использовать свой потенциал возобновляемых источников энергии, улучшить доступ к энергии и повысить свою экономическую и экологическую устойчивость. Эти шаги будут соответствовать Национальной стратегии развития страны и международным обязательствам, прокладывая путь к устойчивому росту и региональному энергетическому лидерству.

Литература

1. Азиатский банк развития. Таджикистан. Генеральный план развития электроэнергетики. Итоговый отчет. https://mewr.tj/wp-content/uploads/files/Power_Sector_Master_Plan-Vol1.pdf
2. Международное энергетическое агентство. Трансграничная торговля электроэнергией для Таджикистана: дорожная карта. <https://www.iea.org/reports/cross-border-electricity-trading-for-tajikistan-a-roadmap/tajik-context>.
3. Международное энергетическое агентство. Таджикистан 2022. Обзор энергетического сектора. <https://www.iea.org/reports/tajikistan-2022>
4. Министерство экономического развития и торговли Республики Таджикистан, Национальная стратегия развития Республики Таджикистан на период до 2030 года. <https://medt.tj/en/strategy-and-programmes/nds2030>.
5. Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан. Энергетический потенциал. https://www.mewr.tj/?page_id=549.
6. Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан. Производство и потребление. https://www.mewr.tj/?page_id=563.
7. Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан. Электроэнергетическая система Таджикистана. https://www.mewr.tj/?page_id=552
8. Население по роду занятий, тыс. чел. Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан. Работа. Душанбе, Таджикистан. <http://data.stat.tj/Home/show/389?lang=en>.
9. Баланс сил. Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан. Промышленность. <http://data.stat.tj/Home/index2/2?lang=en>.
10. Потребляемая мощность; Производство электроэнергии. Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан. Промышленность. <http://data.stat.tj/Home/index2/2?lang=en>.
11. Всемирный банк в Таджикистане. Обзор. <https://www.worldbank.org/en/country/tajikistan/overview>.

ИСТИФОДАИ ПОТЕНСИАЛИ МАНБАЪҲОИ ЭНЕРГИЯИ БАРҚАРОРШАВАНДА ДАР ТОҶИКИСТОН: ДИВЕРСИФИКАТСИЯ, ЧАЛЛИШҲО ВА РОҶҲОИ СТРАТЕГӢ БА ИСТИҲЛОЛИЯТИ ЭНЕРГЕТИКӢ

Хасанов Б.М.^{1*}, Гулахмадзода А.А.¹, Раҳмонов Ш.С.¹

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

*Муаллифи масъул. E-mail: bhasanzoda@outlook.com

Шарҳи мухтасар: Дар мақола сабабҳои асосии талафоти энергияи барқ дар шабакаҳои барқии шиддатҳои гуногун баррасӣ карда шудааст. Қиматҳои талафоти энергияи барқ дар шабакаҳои барқии

Ҷумҳурии Тоҷикистон оварда шуда, усулҳои асосии кам кардани онҳо тавсиф карда шудаанд. Самараҳои истифодаи ҳисобкунакҳои интеллектуалӣ барои баҳисобгирии сарфи нерӯи барқ дар дастгоҳҳои тақсими паст ва баландии дати барқ муайян карда шудааст. Дар натиҷа муайян карда шуд, ки бо истифода аз ҳисобкунакҳои интеллектуалӣ дар шабакаҳои шаҳри Хучанд, талафоти техникӣ аз 18,4% то 7,2% коҳиш ёфтааст.

Калидвожаҳо: талафот, нерӯи барқ, шабакаи барқ, ҳисобкунакҳои интеллектуалӣ, қувва, таҷҳизот.

UTILIZATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES POTENTIAL IN TAJIKISTAN: DIVERSIFICATION, CHALLENGES, AND STRATEGIC PATHS TO ENERGY INDEPENDENCE

Hasanov B.M.¹, Gulahmadzoda A.A.¹, Rakhmonov Sh.S.¹

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

*Corresponding author: E-mail: bhasanzoda@outlook.com

Abstract. Tajikistan, a Central Asian country with abundant hydropower resources, ranks among the top globally for hydro energy potential. Despite significant natural endowments, the country faces challenges in diversifying its energy mix, addressing seasonal electricity imbalances, and achieving energy independence. This paper reviews the evolution of Tajikistan's energy sector, emphasising its reliance on hydropower, the development of renewable energy sources, and ongoing efforts to enhance export potential through projects like CASA-1000. It explores the socioeconomic implications of energy diversification, the role of small-scale renewable projects for rural electrification, and policy measures under the National Development Strategy until 2030. Key priorities include reducing energy losses, modernizing infrastructure, and integrating alternative energy sources. The findings highlight the transformative potential of renewable energy adoption and regional electricity trade to bolster energy security and economic growth.

Keywords: hydropower resources, renewable energy sources, energy balance, diversification, seasonal imbalances.

Маълумот дар бораи муаллифон: Хасанов Бехруз Махмадқулович - аспиранти Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел.: (+992)908855885, E-mail: bhasanzoda@outlook.com, Гулаҳмадзода Аминҷон Абдуҷаббор – доктори илмҳои техникӣ, директор Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел.: (+992) 885471616, E-mail: agulakhmadov@gmail.com, Раҳмонов Шарифхуҷа Сайвалиевич – докторанти Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел.: (+992) 004044604, E-mail: rahmonov0294@mail.ru

Сведения об авторах: Хасанов Бехруз Махмадқулович - аспирант Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, Тел. (+992) 908855885, E-mail: bhasanzoda@outlook.com, Гулаҳмадзода Аминҷон Абдуҷаббор – доктор технических наук, директор Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, Тел.: (+992)885471616, E-mail: agu-lakhmadov@gmail.com, Раҳмонов Шарифхуҷа Сайвалиевич – докторант Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, Тел.: (+992) 004044604, E-mail: rahmonov0294@mail.ru

Information about the authors: Hasanov Behruz Mahmadqulovich - Post-graduate student of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Science, Phone: (+992) 908855885, E-mail: bhasanzoda@outlook.com, Gulahmadzoda Aminjon Abdujabbor - doctor of sciences, Director Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone: (+992) 885471616, E-mail: agulakhmadov@gmail.com, Rakhmonov Sharifkhuja Saivalievich – PhD student of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone: (+992) 004044604, E-mail: rahmonov0294@mail.ru.

ЭНЕРГИЯИ ГИДРОГЕНӢ. ҚИСМИ 2. ДУРНАМОИ РУШДИ ЭНЕРГИЯИ ГИДРОГЕНӢ ДАР ТОҶИКИСТОН

Гулаҳмадзода А.А.^{1,*}, Раҳмонов Ш.С.¹, Ҳасанов Б.М.¹,
Давлатшоев С.К.¹, Азизов З.Б.¹

^{1,*}Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

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

Шарҳи мухтасар. Тоҷикистон дорои захираҳои бузурги гидроэнергетикӣ аст ва имконият пайдо мешавад, ки дар фасли тобистон оби бекорхобидаи обанборҳоро дар шакли сӯзишвории гидрогенӣ ба ҳар масофа интиқол дод. Дар мақола тадқиқот оид ба кор карда баромадани усул ва роҳҳои нави нигоҳ доштан ва ба даст овардани моддаҳои барои ҷамъ кардани H_2 бо назардошти истифодаи навъҳои маҳаллии ашёи хом дар доираи барномаи «Энергетикаи водородӣ дар Тоҷикистон» барраси карда мешавад. Гузаронидани иқтисодиёти кишвар ба истифодаи гидроген ҳамчун неруи баранда низ як роҳи аз ҷиҳати техникӣ дурусти пешгирии зухуроти обшавии пирахҳо, нигоҳ доштани мувозинати об ва тоза кардани фазои кишвари мо мебошад.

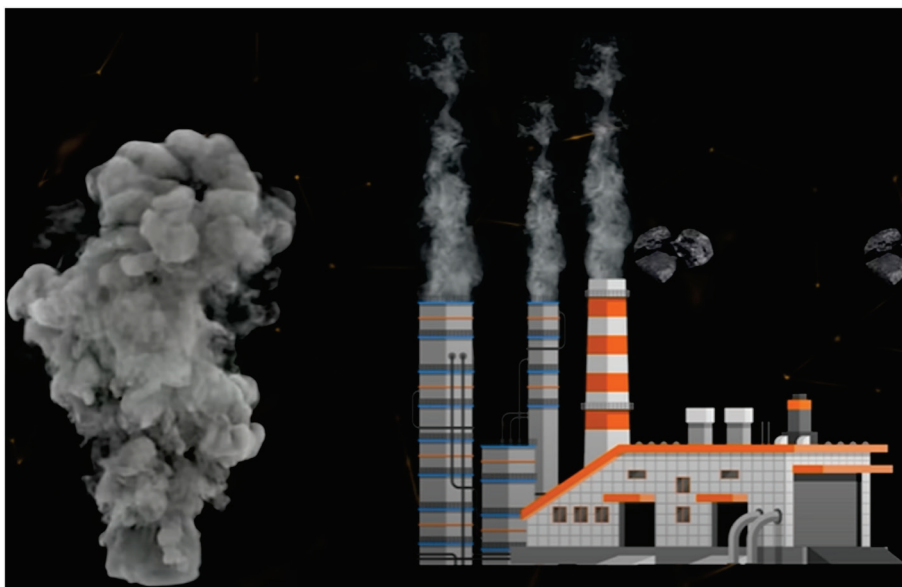
Калидвожаҳо: энергияи водородӣ, гидрогени ҳокистарӣ, гидрогени сабз, гидроген кабуд, электролиз, Чараҳои электрохимиявӣ, компрессор, фишор.

Усулҳои истеҳсоли гидроген. Намудҳои зиёде барои ба даст овардани гидроген вучуд доранд ва ҳамаи намудҳо аз рӯи ранг тасниф карда мешаванд, аммо гидроген воқеан як гази бе ранг аст [1]. Масалан, гидрогени сафед мавҷуд аст, ки он нодиртарин варианти гази гидроген аст, ки дар шакли ҳолис дар табиат мавҷуд аст, аммо вариантҳои маъмултарини онҳо гидрогени ҳокистарӣ, кабуд ва сабз мебошанд.

Гидрогени ҳокистарӣ бо истифода аз навъҳои гуногуни ангишт истеҳсол карда мешавад. Бо ин роҳ ба даст овардани гидроген микдори зиёди гази карбон хориҷ карда мешавад. Ин намуд арзонтарин, вале ифлостарин роҳи ба даст овардани гидроген мебошад. Ҳамзамон, ба ҷои ангишт гази табииро дар реаксияи химиявӣ истифода бурдан мумкин аст. Дар баробари ин як қисми гази карбон гирифта мешавад, чунин гидрогенро дар зарфҳои ниғаҳдории калони гуногун нигоҳ доштан мумкин аст, ки онро гидрогени кабуд меноманд. Он мисли гидрогени ҳокистарӣ

ифлос нест, балки гарантар аст. Гидрогени сабз чунин номида шуд, зеро раванди он то ҳади имкон тоза аст, партовҳои гази карбон надорад. Барои ин об тавасути нерӯи барқ аз манбаъҳои энергияи тоза ба оксиген ва гидроген тақсим карда мешавад. Ба муҳити зист зараровар нест, аммо хеле нархи гарон дорад. Гидроген як элементи кимиёвӣ хеле часпанда аст, ҳамеша ба ҷизе ниёз дорад, ки ба он ҳамроҳ шавад. Бале, он яке аз элементҳои маъмултарини сайёра аст, аммо дар айнаи замон он ҳамеша бо ҷизе алоқаманд аст, онро аз он ҷо ҷудо ва истихроҷ кардан лозим аст.

Намудҳои маъмултарини тавлиди гидроген бидуни пайваستшавӣ ба манбаи энергия электролиз ва танзими табдили метан бо роҳи буг мебошанд. Агар як зарф об ва батареяро гирифта, контактҳои онро ба ду электрод пайваст кунед ва ба об гузоред, пас аз чанд сония дар наздикии электродҳо ҳубобчаҳои мебинед, ки гидроген ва оксиген мебошанд, ки дар онҳо об тақсим мешавад.



Расми 1. Гидроген хокистарӣ.



Расми 2. Гидрогени кабуд.



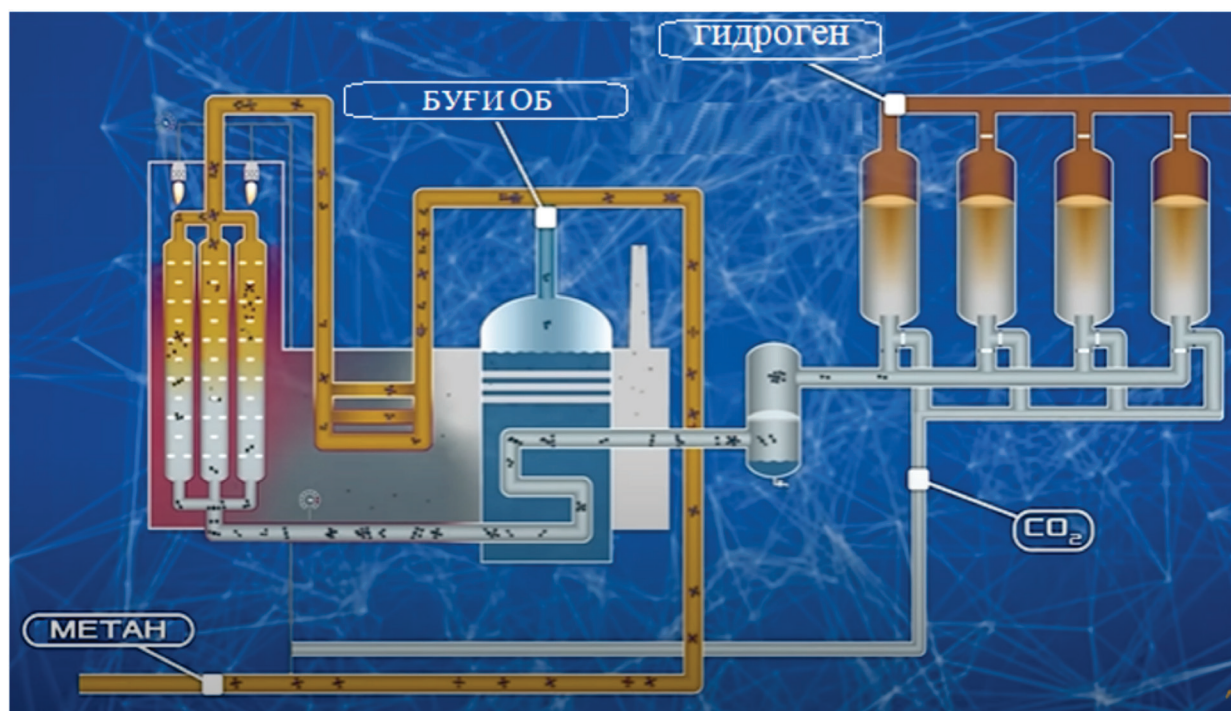
Расми 3. Гидрогени сабз.



Расми 4. Электролиз.

Бо роҳи буғи табдил додани метан низ як навъҳои нисбатан содда ба даст овардани гидроген аст. Метан дар зерифишор, дар ҳарорати баланд бо буғи об омехта мешавад, реаксияи химиявӣ ба

амал омада, гази карбон (CO_2) ва гидроген ба вуҷуд меояд. Имрӯзҳо барои ба даст овардани сӯзишвории тоза корҳои хеле ифлоскунадаи хаворо ба анҷом расондан лозим, ки ин ҳақиқат аст.



Расми 5. Табдилдиҳии буғии метан.

Мушкилот дар он аст, ки дар воқеъ мо танҳо гидрогенро бе ихроҷи карбон меҳоҷем. Яъне, он танҳо тавассути электролиз ва танҳо бо истифода аз энергияи манбаъҳои тоза ва барқароршаванда истеҳсол мешавад. Ин намуд гидроген хеле қимат аст. Барои қиёс кардан мисол меорем. Дар соли 2020 як кило гидрогени

сабз аз 5 то 6,80 доллар арзиш дошт, гидрогени кабуд бошад аз 1,40 то 2,40 доллар ва гидрогени хокистарӣ аз 1 то 1,80 доллар арзиш дошт. Барои чи ин қадар қимат аст.

Аввалан, манбаъҳои барқароршавандаи энергия нисбат ба энергияи аз манбаъҳои ананавӣ истеҳсолшаванда ҳоло

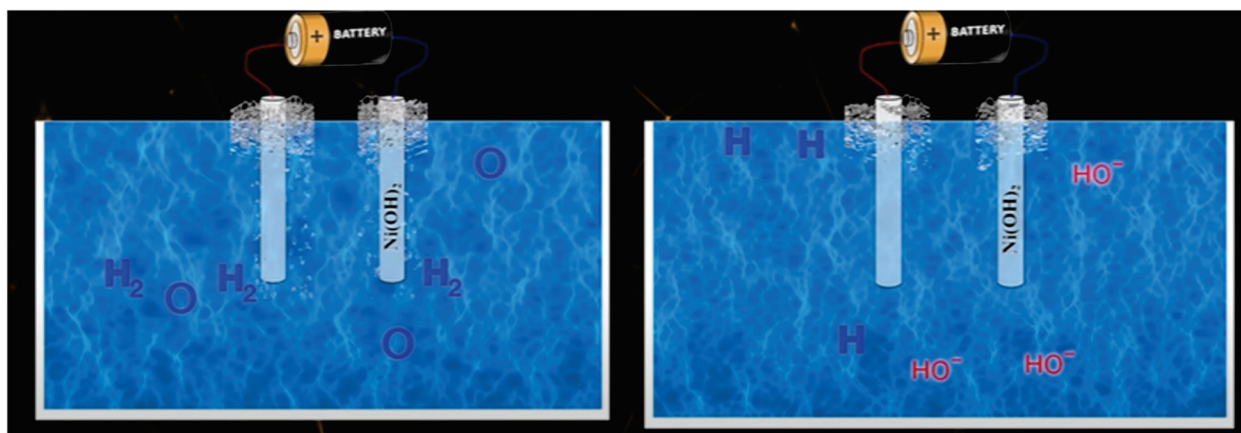
хам гаронтаранд ва дуом, дар электролиз мембранаҳои хеле гаронбаҳо истифода мешаванд, онҳо лозиманд барои ҷудо кардани гидроген ва оксигени, ки он ҷудо мешавад ҳангоми реаксия, вагарна онҳо метавонанд ҳангоми омехта шудан тарканд. Ба мо танҳо гидрогени тоза лозим аст ва гидрогени кабуд ҳам дар ин вазъият ёрӣ намерасонад, зеро вай ба муҳити зист зарар дорад.

Масъала дар он аст, ки диоксидаи карбон воқеан ҳангоми истеҳсоли гидроген на он қадар хуб даст оварда мешавад. Истеҳсолкунандагон мегӯянд, ки онҳо қисми зиёди партовҳои зарароварро нигоҳ медоранд, аммо дар асл қариб нисфи онро манъ мекунанд. Боз як камбуди гидроген вучуд дорад, барои нигоҳ доштани гидроген нисбат ба газ зарфҳои ҳаҷмаш калон лозиманд. Пас, чӣ бояд кард?

Оё бо гидрогени сабз ин вазъиятро тағйир додан мумкин аст? Олимони Изроилӣ (стартап)-ҳо аз ташкилоти H₂PRO

боварӣ доранд, ки онҳо дорои ҳалли инқилобии ин мушкилот мебошанд. H₂PRO дар соли 2019 аз ҷониби коршиносони гидрогении пешбари Донишқадаи Технологии Изроил - профессор Гидеон Грейдер, профессор Авнер Ротшилд ва доктор Хен Дотан таъсис дода шудааст. Муҳандисони H₂PRO усули инқилобии ҷудокунии обро таҳия кардаанд E-TAC (ELECTROCHEMICAL. THERMALLY ACTIVATED CHEMICAL).

Ҳалли онҳо дар озод кардани оксиген ва гидроген дар марҳилаҳои гуногуни ҷараёни электролиз мебошад. Ин имкон медиҳад, ки аз мембранаҳои гаронбаҳо даст кашанд ва ҷараёноро арзонтар кунанд. Марҳилаи якум электрохимиявӣ буда, ҷараён аз об мегузарад, вале он на ба ду атоми гидроген ва як атоми оксиген таҷзия намешавад, балки ба атоми гидроген ва ионҳои гидроксид табдил меёбад, ки ба аноди гидроксиди никел ҷалб карда мешаванд.



Расми 6. Ҷараёни электрохимиявӣ ҷудошавии об (атоми гидроген ва ионҳои гидроксиди никел).

Дар ин ҷо марҳилаи дуом меояд, вақте ки об дар он то 95 °C гарм карда мешавад, анод бо об реаксия дода, оксиген хориҷ мекунад ва анод ба ҳолати аввала аш бармегардад. Ин раванд/ҷараён дар як давраи пӯшида дар зери фишори баланд то 100 бар сурат мегирад. Азбаски давра баста аст, компрессорҳо талаб карда намешаванд. Ҳамаи ин ҷараёнҳо раванди таҳиянамудаи гурӯҳи H₂PRO-ро сама-

раноктар мекунанд. Коэффитсенти самаранокӣ он 95% буда, дар ҳоле ки дар электролизи ананавӣ коэффитсенти самаранокӣ тақрибан 70%-ро ташкил медиҳад [2].

Ҷараёни шарҳодашуда соддатар аст, ки хароҷоти камтари нигоҳдорӣ ва хизматрасониро талаб мекунад. Он инчунин барои миқёсунӣ осон аст. Аммо ҳама чизе, ки аз ҷониби гурӯҳи H₂PRO пешниҳод

гардидааст, бояд дар амал исбот карда шавад. Равандҳои таҳия намудаи гурӯҳи H2PRO-ро миллиардер-Билл Гейтс имконпазир шуморида ва бовард дорад. Инчунин дар аввали соли 2022 барои рушди стартап тавассути фонди Breakthrough Energy Ventures 75 миллион доллар чудо кардааст. Модели таҳиянамудаи H₂PRO

дорои иқтисоди истеҳсоли 1 кг дар як шабонарӯз мебошад. Аммо мақсади асосӣ ба вучуд овардани электролизерҳои микросаноатӣ мебошад. Яке аз нақшаи бузургии ин лоиҳа то соли 2030 ба даст овардани арзиши гидрогени сабз на бештар аз 2 доллар барои як килограммро ташкил медиҳанд [6].



Расми 7. Ҷараёни электрохимиявӣ (то 95°C гарм кардани об, хориҷ кардани оксиген ва ба ҳолати аввалааш баргардонидани анод).

Баъзе хусусиятҳои рушди энергияи гидрогенӣ дар Тоҷикистон

1) Тоҷикистон дорои захираҳои бузургии гидроэнергетикӣ аст ва имконият пайдо мешавад, ки дар фасли тобистон оби бекорхобидаи обанборҳоро дар шакли сӯзишвории гидрогенӣ ба ҳар масофа интиқол дод. Инчунин дар ояндаи наздик имконият пайдо мешавад, ки дар биржа фурухтани сӯзишфории гидрогениро ба роҳ монд, зеро имруз нафт, газ ва ғайра фурухта мешаванд [3].

2) Тарғиби энергияи гидрогенӣ, таваччуи сармоягузoronро ба азхудкунии манбаъҳои гидроэнергетикии Тоҷикистон афзоиш медиҳад.

3) Кишвар боз як манбаи даромади устувор мегирад.

4) Барои бо роҳи электролиз ба даст овардани энергияи гидрогенӣ оби тоза низ лозим аст. Тоҷикистон дорои захираҳои зиёди оби тозаи барқароршаванда мебошад.

5) Вобастагии кишвар аз таъминоти маҳсулоти нафтӣ ва газ қатъ мегардад.

6) Истифодаи гидроген дар саноат, нақлиёт, авиатсия ва истеҳсоли нуриҳои минералӣ вуҷуд меёбад.

7) Ба муҳити зисти минтақа ва сайёра сахми назаррас гузошта хоҳад шуд.

8) Энергияи гидрогенӣ ва истифодабарии гидроген метавонад як соҳаи муҳими фаъолият ва манбаи даромади олимон, муҳандисон, ходимони илми соҳаи химия ва коргарони баландихтисос гардад.

9) Рушд додани навъҳои хозиразамони саноат, кашонидани маҳсулот ба масофаҳои дур, коркард ва нигоҳ доштани озукаворӣ ва ғайра.

10) Сӯзишвории гидрогениро дар муҳаррик сӯзонидан мумкин аст. Бо истифода аз сӯзишвории гидрогенӣ имконияти истеҳсоли энергияи электрикӣ ва гармӣ дар ҳамаи минтақаҳои Тоҷикистон ба роҳ меояд.

11) Гидрогенро ҳамчун ашёи хоми саноатӣ ва яке аз элементҳо дар таркибии дигар маҳсулоти химиявӣ, аз қабили аммиак (яке аз ҷузъи муҳимтарини нуриҳо) ва метанол (дар истеҳсоли пластмасса ис-

тифода мешавад) истифода бурдан мумкин аст.

12) Гидроген ва ҳосилаҳои онро дар зарфҳо ба муҳлати дароз нигоҳ доштан мумкин аст, ки онҳо метавонанд яке аз муҳимтарини ҳалли мушкилоти нигоҳдории дарозмуддати энергия гардад.

13) Гидроген дорои ҳамаи сифатҳои болозикр мебошад ва сӯзишвории истихроҷшавандаро бидуни партовҳои гази карбон иваз кунад.

Тоҷикистон чӣ гуна душворихоро паси сар хоҳад кард

1) Ҷалби сармоягузoron ба рушди минбаъдаи босуръати гидроэнергетика, зеро мушкилии фуруши энергияи электрикии зиёдати дар фасли тобистон аз байн меравад.

2) Ҷалби сармоягузoron ба бунёди энергияи гидрогенӣ, саноат, нақлиёт ва ғайра.

3) Тайёр ва омода намудани кадрҳо дар тамоми самтҳои энергетика ва саноати гидрогенӣ.

4) Таъсиси заминаи қонунгузорӣ ва ҳадамоти таъмини бехатарии истифода дар Тоҷикистон барои кор кардан ва нигоҳ доштани гидроген.

Истифодаи гидрогени «сабз» ба такмили минбаъда ниёз дорад

1) Арзиши аслии бояд ҳануз кам шавад ва ҳаҷми маҳсулот афзоиш ёбад [4].

2) Ҷори намудани стандартҳои ҳамоҳангшуда, расмиёти сертификатсия ва назорат, ки бехатарӣ, ҳамоҳангӣ ва муҳити зистро дар тамоми муддати арзиши иловашудаи гидрогени «сабз» таъмин мекунанд, зарур аст. Он бояд на танҳо дар бораи пешгирии ихроҷи гидроген ё кам кардани партовҳо бошад.

3) Тоҷикистон ҳамчун як кишвари иқтисодаш рӯ ба инкишоф, бояд кӯмаки молиявӣ ва технологӣ бичӯяд, то аз авҷи бозори гидрогени «сабз» истифода барад. Мушкилот дар он аст, ки иқтисодҳои рӯ ба тараққӣ, ки бо энергияи барқароршаванда таъминанд, танҳо ҳамчун таъ-

минкунандагони молекулаҳои энергияи «сабз» барои марказҳои талаботи саноатӣ дида мешаванд, на ҳамчун маконҳои умедбахш барои саноаткунонии пурраи энергияи «сабз». Тоҷикистон бояд аз имкониятҳои мавҷуда барои густариши ҳамкориҳои байналмилалӣ оид ба истифодаи энергияи гидроген васеъ истифода барад.

Баъзе имкониятҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон дар рушди гидрогени «сабз»

1) Дар ин замина, пеш аз ҳама, кор дар Академияи миллии илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон, Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ фазои зарурӣ барои инкишофи корҳои махсус мавҷуд мебошад. Кор бояд дар ҳамкориҳои зич бо вазорату идораҳои ҷумҳурӣ, аз ҷумла бо корхонаҳои пешқадами кишвар ба роҳ монда шавад [9].

2) Ҳамкориҳо бо оمودасозии пешниҳодҳо ва кор бо сармоягузoron, роҳандозии ҳамкорӣ бо тамоми ҷонибҳои манфиатдор. Пеш аз ҳама, бо кишварҳои Хитой, Олмон, ИМА, Фаронса, Русия ва ғайра. Сармоягузориҳои хориҷӣ ва ҳамкориҳо бо илму маориф дар Тоҷикистон бояд бо корҳои мушаххаси салоҳиятдор барои ҷалби сармоягузoron ба энергияи гидрогенӣ ва гидроэнергетикии кишвар равона шаванд.

3) Оид ба гидроген кайҳо боз ҳамчун сӯзишвории оянда сухан мерафт. Дар ин даҳсола, он метавонад сӯзишвории замон гардад. Ҳанӯз масъалаҳои ҳалношуда зиёданд, аммо бо муносибати дуруст ба истихроҷи гидрогени «сабз» ин метавонад як қадами муҳим дар роҳи расидан ба ҳадафҳои муҳимтарин: таҳкими суботи иқлим, амнияти энергетикӣ, иқтисодӣ ва рушди муносири Ҷумҳурии Тоҷикистон бошад.

4) Пеш аз ҳама асоси фаъолияти энергетикаи Тоҷикистон бояд муваффақияташ дар рушди захираҳои гидроэнергетикии кишвар бошад.

Интихоби гидроген ҳамчун интиқолдихандаи энергияи оянда пеш аз ҳама ба тозагии сӯзиши он, ки маҳсулаш об аст, вобаста аст. Худи H_2 маъмултарин унсури кимиёвӣ дар олам иебошад. Дорои захираҳои номаҳдуди ашёи хом (об ва ҳама моддаҳои органикӣ) мебошад, ки арзиши калорияи он вобаста ба намуди истехсол аз 120 то 144 мҶ/кг ҳисоб карда мешавад, ки ба ҳисоби миёна аз меёр зиёд аст. Калориянокии гази табиӣ ва ангишт мутаносибан ба 3,59 ва 4,43 баробар аст.

Тибқи таснифи кишварҳои ҷаҳон аз рӯи “эффактҳои гармхонаӣ” Тоҷикистон дар ҳоли ҳозир мақоми “кишвари сабз” дорад, ҳаҷми партовҳои CO_2 дар як сол камтар аз 1 тонна ба ҳар сари аҳоли ва ҳиссаи умумии кишвар дар миқёси ҷаҳонӣ то $3 \cdot 10^{-4}$ фоизро ташкил медиҳад.

Кадрҳо ва потенциали илмӣ барои таракқӣ додани энергетикаи гидрогенӣ.

Энергетикаи гидрогенӣ соҳаи илмталаб буда, онро мутахассисони баландихтисос дар соҳаҳои химия, физика, энергетика, материалшиносӣ, экология, бехатарии просессҳои технологӣ, иқтисодиёт ва ғайра ба вучуд оварда метавонанд. Инчунин бояд заминаи илмӣ ва техникаи ҳозиразамон ба вучуд оварда шавад. Тайёр намудани мутахассисони баландихтисос ва иҷрои корҳои илмӣ-тадқиқотии хусусиятҳои гуногундошта. Таъмини соҳа бо усул ва роҳҳои ба даст овардани энергияи гидрогенӣ аз ашёи хоми ватанӣ, системаи нави нигоҳ доштан ва истифода бурдани он дар соҳаҳои алоҳидаи саноат. Инчунин технологияи истифода мешуда дар объектҳо мувофиқи талаботи устуворӣ, самаранокии истехсолот ва таъмини бехатариро иҷро намояд.

Татбиқи энергияи гидроген дар раванди истехсолот

Технологияи анъанавии ҳосил кардани гидроген бо роҳи электролизӣ об бартараф карда шуда, он роҳи классикӣ гардид. Бисёр корхонаҳои кишварҳои гуногун электролизерҳои иқтидорашон

гуногун истехсол мекунанд. Барои татбиқи ин истехсолот танҳо сармоягузорӣ лозим аст. Дар баробари ин дар вақти аз ангишт табдил додани гидроген технологияи анъанавии ба газ табдилдиҳии ангишт ба талаботи энергияи гидрогенӣ ҷавоб дода наметавонад. Он бесамар ва аз ҷиҳати экологӣ ифлос буда, аз партовҳои газҳо ба атмосфера холи намебошад. Дар ин ҷо коркарди ангиштро бо технологияи бепартов ва комплексӣ ба роҳ мондан лозим аст [5].

Масалан, дар аввал дар ҳарорати то $700^\circ C$ ҳамаи моддаҳои органикии ҳамроҳи карбон аз таркиби ангишт чудо карда мешавад.

Пас аз он барои истифода аз рӯи таркибашон хунук карда мешаванд, аз ҷиҳати таркибашон карбон ба газ табдил дода мешавад ва боқимонда тавассути оксидунонии H_2O , O_2 , ҳаво, ё омехтаи он бо роҳи ба даст овардани гази генератории таркиби муайян истифода мешаванд.

Дар баробари ин, хокистари ангиштро низ чудо карда, дар таркиби масолеҳи сохтмонӣ ё барои дигар мақсад истифода мебаранд. Технологияҳои пешниҳодшудаи коркарди ангишт партов надоранд ва камхарҷ мебошанд, зеро гармии гази генератор дар худ истехсолот бе зарурати гармии берунӣ самаранок истифода мешавад.

Як ҷузъи мураккаби энергияи гидроген ин истифодаи гидроген ҳамчун интиқолдихандаи энергия мебошад. Ин мураккабӣ бо хосиятҳои худ идроген алоқаманд аст: он гази сабуки идорашавандаи зичии $0,0897 \text{ г/см}^3$, тарканда (концентратсияи таркиши H_2 дар ҳаво 4...75% аз рӯи ҳаҷм), дар ҳаво коэффисиенти баланди диффузия дошта ва дигар хосиятҳои манфиро низ доро мебошад. Зичии пасти гидроген талаб мекунад, ки он дар фишори то 100 МПа нигоҳдорӣ ва интиқол дода шавад. Таҷҳизот бояд аз маводи қавӣ, вале сабук бо омили баландсифат сохта шавад ва он бояд қатъии мутлақро таъмин намояд, то

ноустувории газро пешгирӣ кунад. Барои сӯхтани гидроген, инчунин вобаста ба хусусияти объекти истифодаи энергия системаи алоҳида истифода бурдан лозим аст.

Хулоса

Гидроген на танҳо дар ҳолати газ, балки дар шакли басташуда дар таркибҳои маводи кимиёвии дорои гидроген, дар ҳолати ҷамъшуда тавассути моддаҳои интиқолдиҳандаи H_2 , масалан, дар таркибҳои гидридҳои металлӣ нигоҳ дошта ва интиқол дода мешавад. Ҳолати гидроген ҳангоми истифода вобаста ба ҳадафи функционалии он интиҳоб карда мешавад.

Дар доираи барномаи «Энергетикаи водородӣ дар Тоҷикистон» тадқиқот оид ба кор карда баромадани усул ва роҳҳои нави нигоҳ доштан ва ба даст овардани моддаҳо барои ҷамъ кардани H_2 бо назардошти истифодаи навҳои маҳаллии ашёи хом давом дода мешавад (Академия).

Гузaronидани иқтисодиёти кишвар ба истифодаи гидроген ҳамчун нерӯи баранда низ як роҳи аз ҷиҳати техникӣ дурусти

пешгирии зухуроти обшавии пиряхҳо, нигоҳ доштани мувозинати об ва тоза кардани фазои кишвари мо мебошад (Хулосаи Академия).

Адабиёт

1. Вуд, Т.Е., Брей, Л.А., Буцеллато, Д.М., Дамте, Г.Д., Фанслер, Д.Д., Джонс, М.Е., & Муэллер, М. Е. (2010). Избирательное окисление окиси углерода относительно водорода с помощью каталитически активного золота.
2. Salehi, M. (2023). The 9 Startups Reshaping Our Path to a Sustainable Future: Revolutionizing Green Energy. Available at SSRN 4431629.
3. Стратегияи миллии рушди Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2030
4. www.mewr.tj/?page_id=549
5. Нормативно-правовые акты по возобновляемым источникам энергии, действующие в республике Таджикистан.
6. Почему водородное топливо до сих пор не стало спасением человечества? (mobile-review.com)
7. Гидроген - чӣ, ки маводи аст? Химиявӣ ва ҳосиятҳои физикии гидроген (delachieve.com)
8. Состояние и перспективы развития мировой водородной энергетики И.А. Макарян, И.В. Седов
9. Стратегияи рушди «иқтисоди сабз» дар Ҷумҳурии Тоҷикистон барои солҳои 2023-2037.

ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА. ЧАСТЬ 2. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ТАДЖИКИСТАНЕ

Гулахмадзода А.А.^{1,*}, Раҳмонов Ш. С.¹, Хасанов Б.М.¹,
Давлатшоев С.К.¹, Азизов З.Б.¹

^{1,*}Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ

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

Аннотация. Таджикистан обладает большими гидроэнергетическими ресурсами, и есть возможность в летний период транспортировать неиспользуемую воду из водоемов в виде водородного топлива на любые расстояния. В статье рассмотрены исследования по разработке новых методов и способов хранения и получения веществ для сбора H_2 с учетом использования местных видов сырья в рамках программы «Во-

дорожная энергетика в Таджикистане». Перевод экономики страны на использование водорода в качестве движущей силы также является технически правильным способом предотвратить возникновение таяния ледников, сохранить водный баланс и очистить атмосферу нашей страны.

Ключевые слова: водородная энергетика, серый водород, зеленый водород, синий водород, электролиз, электрохимический процесс, компрессор, давление.

HYDROGEN ENERGY. PART 2. DEVELOPMENT PROSPECT OF HYDROGEN ENERGY IN TAJIKISTAN

Gulahmadzoda A.A.^{1,*}, Hasanov B. M.¹, Rahmonov Sh.S.¹,
Davlatshoev S.K.¹, Azizov Z.B.¹

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

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

Abstract. *Tajikistan has large hydropower resources, and there is an opportunity to transport idle water from reservoirs in the form of hydrogen fuel to any distance during the summer. The article examines the research on the development of new methods and ways of storing and obtaining substances for the collection of H₂, taking into account the use of local types of raw materials within the framework of the "Hydrogen Energy in Tajikistan" program. Transferring the country's economy to the use of hydrogen as a driving force is also a technically correct way to prevent the occurrence of melting glaciers, maintain the water balance and clean the atmosphere of our country.*

Keywords: *hydrogen energy, gray hydrogen, green hydrogen, blue hydrogen, electrolysis, electrochemical process, compressor, pressure.*

Маълумот дар бораи муаллифони: Гулаҳмадзода Аминҷон Абдучаббор – доктори илмҳои техники, директори Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, E-mail: agulakhmadov@gmail.com, Ҳасанов Бехруз Маҳмадқулович - унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. E-mail: bhasanzoda@outlook.com, Раҳмонов Шарифхуҷа Сайвалиевич – докторанти Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел. (+992) 004044604, E-mail: rahmonov0294@mail.ru, Давлатшоев Саломат Қаноатшоевич – н.и.т., мудири Озмоишгоҳи «энергетика, захира- ва энергиясарфанамоӣ» -и АМИТ. Тел. (+992 919604041), E-mail: salomatda@list.ru, Азизов Зухуршо Бобохонович-унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ. Тел.: (+992)987976175, E-mail: zursho-a@gmail.com;

Сведения об авторах: Гулаҳмадзода Аминҷон Абдуджаббор – доктор технических наук, директор Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, E-mail: agulakhmadov@gmail.com, Ҳасанов Бехруз Маҳмадқулович - соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. Тел. (+992) 908855885, E-mail: bhasanzoda@outlook.com, Раҳмонов Шарифхуҷа Сайвалиевич – докторант Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. Тел. (+992) 004044604, E-mail: rahmonov0294@mail.ru, Давлатшоев Саломат Қаноатшоевич – к.т.н. заведующий лабораторией «Энергетика, ресурсо- и энергосбережение» Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. Тел. (+992 919604041), E-mail: salomatda@list.ru; Азизов Зухуршо Бобохонович-Соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. Тел.: (+992)987976175, E-mail: zursho-a@gmail.com;

Information about the authors: Gulahmadzoda Aminjon Abdujabbor - doctor of sciences, Director of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone: (+992) 885471616, E-mail: agulakhmadov@gmail.com, Hasanov Behruz Mahmadqulovich - Postgraduate student of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Science, Phone: (+992) 908855885, E-mail: bhasanzoda@outlook.com, Rakhmonov Sharifkhujja Saivalievich – PhD student of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of

Sciences of Tajikistan. E-mail: rahmonov0294@mail.ru, Davlatshoev Salomat Kanoatshoevich - Ph.D., Head. Laboratory of Energy Resources and Energy Saving of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Phone: (+992 919604041), E-mail: salomatda@list.ru; Azizov Zuhursho Bobokhonovich- the Researcher of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Science, Phone: (+992)987976175, E-mail: zursho-a@gmail.com.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД УЩЕЛЬЯ КАМАРОБ РАШТСКОЙ ДОЛИНЫ

Шаймурадов Ф.И.^{1*}, Эмомов К.Ф.¹, Бобозода С.Ф.¹,
Холмирзозода М.О.¹, Хамидов С.К.¹

^{1.*}Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана

*Автор корреспонденции: E-mail: sh.firdavs-80@mail.ru

Аннотация: Проведено исследование состояния поверхностных вод ущелья Камароб Раштской долины. Выполнена карта в формате Географической Информационной системы (ГИС) с добавлением точек отбора проб воды и результатов их минерально-химического анализа, которая расположена в атрибутивной части таблиц формата ГИС. Определение стабильных изотопов $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ проводилось в лазерном изотопном анализаторе PICARRO L 2110-i. Все измеренные отношения изотопов лежат гораздо выше глобальной линии метеорных вод (GMWL), которая соответствует океанической воде. Приведены результаты физико-химического анализа поверхностных вод ущелья Камароб.

Ключевые слова: стабильные изотопы, дейтерий, тяжелая вода, легкая вода, ущелье Камароб, река Сорбог.

Введение

Ущелье Камароб является экологически чистым культурно-историческим центром с развитым сельским хозяйством, промышленностью и в частности агропромышленным комплексом с учетом современных технологий и эффективного использования природных и материальных ресурсов, имеет благоприятный климат для развития туристического предпринимательства, что позволяет повысить уровень благосостояния населения и создавать хорошие условия для безопасной жизни.

Ущелье Камароб богат природными ресурсами. В ущелье имеются месторождения таких полезных ископаемых как золото, серебро, медь, литий (легкий металл), ниобий, тантал, уголь типа кокс (антрацит – открытая добыча и подземная), соль, мрамор, строительные материалы, известняк, гончарная глина, песок и гравий и другие полезные ископаемые, родники с кристально чистой водой.

Водный режим реки Камароб характеризуется значительным постоянством в распределении стока по сезонам года, подъем уровня реки начинается с середи-

ны апреля и достигает своего максимума в середине или в конце июня и продолжают до середины или конца сентября. Минимум наблюдается в холодный период года [1-2].

Область исследования

Река Камароб является левым притоком реки Сорбог. Длина - 36 км. Площадь водосбора - 347 км². Количество притоков протяженностью менее 10 км, расположенных в бассейне Камароб - 78, их общая длина составляет 122 км. Река Камароб и её притоки является источником водоснабжения местного населения.

Река Камароб образуется от слияния рек Субада и Дашти Хирсон и течёт с северо-востока на юго-запад. Длину реки и ее притоков по форме поперечного сечения можно разделить на 2 части:

1. Верхняя часть – это цирк, увенчанный остроконечными вершинами, переходящих к низу в типичную троговую долину, с v образной поперечной формой.

2. Нижняя часть – типичная эрозионная долина с крутыми, почти отвесными бортами и образной поперечной формой [3].

Методы и результаты

В рамках экспедиционно-полевых работ сотрудниками Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ были проведены отборы проб воды в суббассейне реки Камароб и с реки Сорбог, результаты которых приведены в таблице 1 и на рисунке 1. Были взяты 12 проб для физико-химического анализа и 12 проб для определения изотопов $\delta^{2}\text{H}$ и $\delta^{18}\text{O}$. Также во время отбора проб, в полевых условиях выполнялись экспресс-анализы с помощью портативных приборов: кондуктометра (Cond 3110) и рН метра (pH 3110), результаты которых приведены в таблице 1.

На рисунке 1 приведена карта точек отбора проб по ущелью Камароб в формате ГИС. Карта выполнена в формате Географической Информационной системы (ГИС) с добавлением точек отбора проб воды и результатов их минераль-

но-химического анализа, которая расположена в атрибутивной части таблиц формата ГИС.

Удельная проводимость (Cond) вод напрямую зависит от концентрации растворённых в водах солей. Как видно из таблицы 1 высокая удельная проводимость выявлена в точке 10 правого притока реки Камароб в Хушларе, где она составила $1321 \mu\text{S/cm}$. Наименьшее значение удельной проводимости зафиксировано в пробе 8, в левом притоке реки Камароб в Пахмдаре $83 \mu\text{S/cm}$ (табл. 1).

Значения рН приведенные в таблице 1 в опробованных водах изменяются от 7,56 до 8,47, т.е. поверхностные воды ущелья Камароб являются слабощелочными щелочными. Наименьшее значение рН 7,56 зафиксировано в точке 12 реки Сорбог, максимальное 8,47 в точке 8 правого притока реки Камароб в Хушларе.

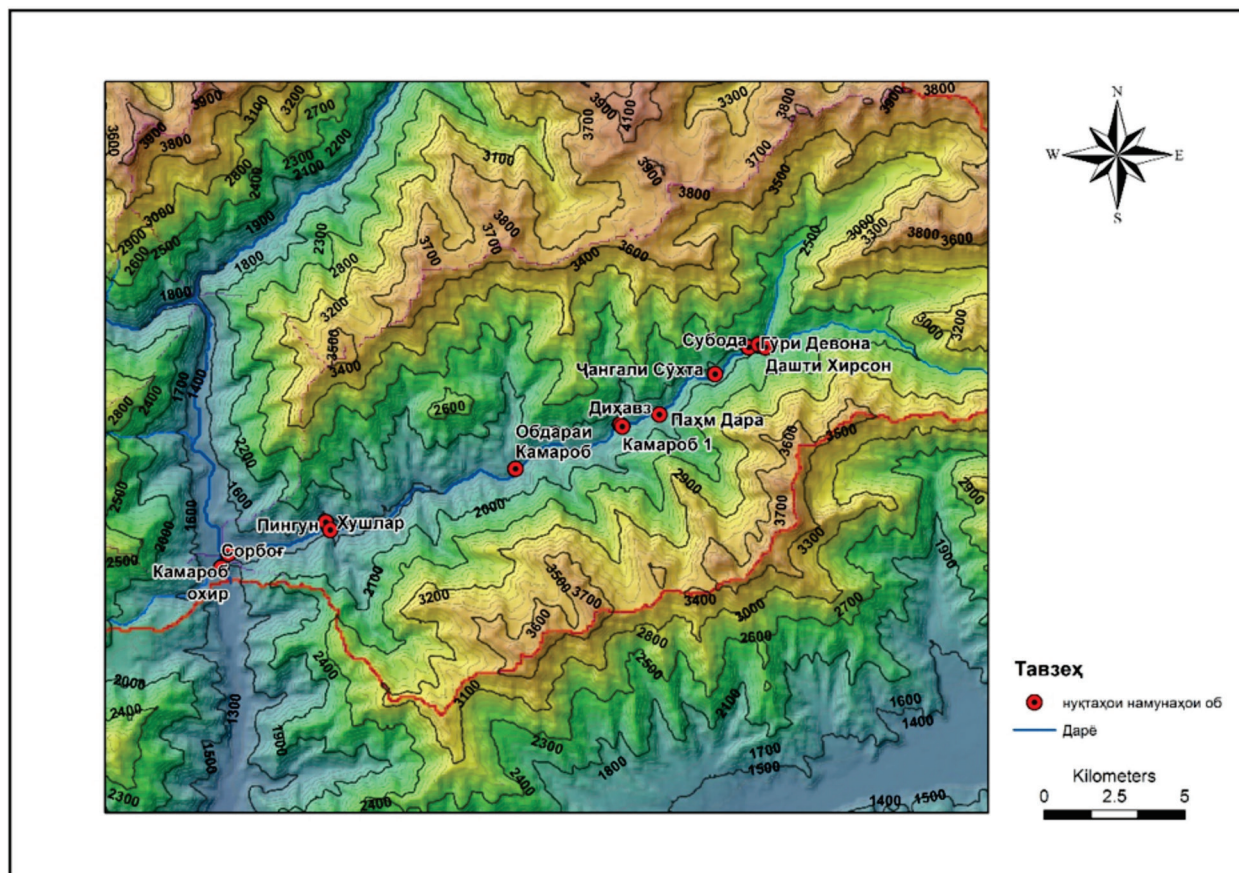


Рисунок 1. Карта точек отбора проб ущелья Камароб для физико-химического определения.

Таблица 1. Координаты точек отбора проб и результаты физико-химических анализов.

№	Место отбора проб	С.Ш.	В.Д.	Высота над у.м.	Электропроводность, в $\mu\text{S}/\text{см}$	рН
1.	река Субада	39°11,854	070°25,137	1928	127	8,20
2.	река Дашти Хирсон	39°11,797	070°25,304	1925	100,1	7,97
3.	пр. приток-1, Гури Девона	39°11,805	070°24,891	1918	375	8,36
4.	пр. приток-2, Джангали сухта	39°11,295	070°24,051	1893	279	8,45
5.	река Камароб (начало)	39°10,301	070°21,733	1710	111,1	7,97
6.	пр. приток-3, Дихавз	39°10,340	070°21,684	1719	180,7	8,07
7.	пр. приток-4, Обдараи Камароб	39°09,508	070°19,077	1583	109	8,42
8.	левый приток-1, Пахмдара	39°10,524	070°22,656	1784	83,0	8,47
9.	левый приток-2, Пингун	39°08,371	070°14,468	1449	144,6	8,07
10.	пр. приток-5, Хушлар	39°08,524	070°14,358	1443	1321	8,34
11.	река Камароб (конец)	39°07,929	070°11,946	1374	135,4	7,79
12.	река Сорбог	39°07,665	070°11,734	1367	190,5	7,56

Правый приток Дихавз реки Камароб обладает повышенной мутностью, по сравнению с ручьями текущими с правого борта, что очевидно связано с различными геологическими породами гор.

Как водород, так и кислород, являющиеся составными элементами воды, содержат главным образом легкие изотопы. При испарении воды из океана более тяжелые изотопы конденсируются первыми

и выпадают в виде дождя раньше, чем более легкие изотопы. Основная масса водяных испарений в атмосфере образуется над океанами. Таким образом, чем дальше от побережья идет дождь, тем меньше тяжелых изотопов содержится в нем [4-6].

Результаты изотопного анализа отобранных проб приведены в таблице 2 и на рисунке 2.

Таблица 2. Результаты изотопного состава ^{18}O и ^2H исследуемых вод.

№	Место отбора проб	Вид водо-снабжения	^{18}O , ‰	^2H , ‰
1.	река Субада	река	-12.34	-79
2.	река Дашти Хирсон	река	-12.42	-79.7
3.	пр. приток-1, Гури Девона	река	-12.51	-81.8
4.	пр. приток-2, Джангали сухта	река	-11.82	-77.3
5.	река Камароб(начало)	река	-12.4	-78.7
6.	пр. приток-3, Дихавз	река	-11.68	-74.9
7.	пр. приток-4, Обдараи Камароб	река	-11.62	-73.7
8.	левый приток-1, Пахмдара	река	-12.54	-80.3
9.	левый приток-2, Пингун	река	-11.67	-74.8
10.	пр. приток-5, Хушлар	река	-12.08	-78.1
11.	река Камароб (конец)	река	-12.16	-77.6
12.	река Сорбог	река	-12.88	-82.6

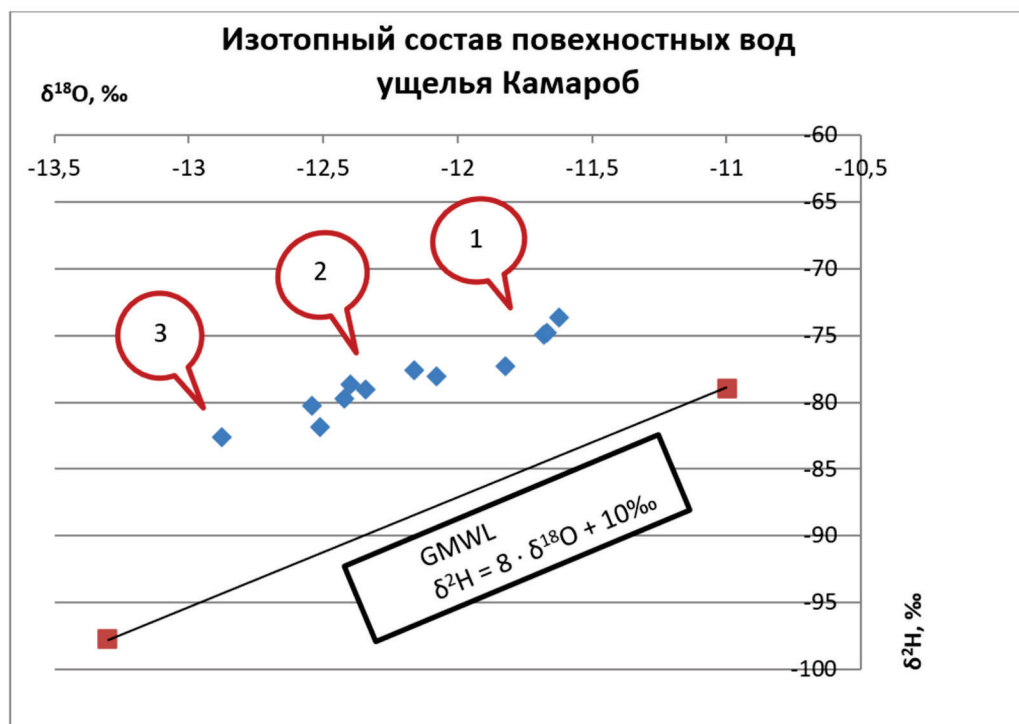


Рисунок 2. График изотопного состава поверхностных вод ущелья Камароб.

Изотопные данные выражены в относительных единицах:

$$\delta X = (R_{\text{пр}}/R_{\text{ст}} - 1) \cdot 1000\text{‰},$$

где R - атомные отношения изотопов водорода ($2\text{H}/1\text{H}$) или кислорода ($18\text{O}/16\text{O}$) в пробе (пр) и стандарте (ст), X - изотоп. Величина δ показывает, насколько проба обеднена ($\delta < 0$) или обогащена ($\delta > 0$) тяжелым изотопом относительно стандарта ($\delta = 0$). В качестве эталона используется стандарт средней океанической воды V-SMOW (Vienna Standard of the Mean Ocean Water), для которого по определению $\delta^2\text{H} = 0\text{‰}$ и $\delta^{18}\text{O} = 0\text{‰}$ (‰ - промилле, тысячная доля числа). Точность измерения составляла $\pm 0,05\text{‰}$.

Определение стабильных изотопов $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ проводилось в лазерном изотопном анализаторе PICARRO L 2110-i в ИВП, ГЭиЭ НАНТ. Все измеренные отношения изотопов лежат гораздо выше глобальной линии метеорных вод (GMWL), которая соответствует океанической воде. Это явление может быть объяснено тем, что Таджикистан расположен в глубине континента, вдали от мировых океанов. Тучевые облака, формирующиеся в основном над океанами, проходят длинные расстояния, прежде чем выпасть в качестве осадков. Согласно силе законов гравитации, в первую очередь выпадают тяжелые изотопы, а облака обогащаются легкими изотопами.

Как показывают результаты анализов (рис. 2), среди исследуемых проб точка 12 реки Сорбог является самой легкой водой, а пробы 6 и 7 (правые притоки Дихавз и Обдараи Камароб) обогащены тяжелыми изотопами $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$, среди исследуемых проб. Также анализ содержания $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ показал, что данные сформировали три группы вод. Большинство вод по содержанию стабильных изотопов подходят ко второй группе (пробы 1, 2, 3, 5, 8, 10, 11), четыре пробы к первой группе (4,

6, 7 и 9) и только проба 12 из реки Сорбог является изотопически более легкой (табл. 2).

В таблице 3 приведены результаты физико-химического анализа поверхностных вод ущелья Камароб.

Ионы Na^+ по распространенности среди катионов стоят на первом месте. Натрий в своих соединениях проявляет степень окисления +1. Натрий как одновалентный ион, вытесняется из поглощенного комплекса пород и почв двухвалентными ионами кальция и магния, что способствует его накоплению в природных водах [7]. Максимальное содержание Na^+ содержится в пробе 10 Хушлар, где концентрация выявлена 4,3235 мг/л. Минимальное содержание выявлено в пробе 8 Пахмдара 0,1574.

Ионы K^+ по химическим свойствам и содержанию в земной коре имеют большое сходство с ионами натрия. Однако ионы K^+ в очень незначительных концентрациях содержатся в природных водах, за исключением атмосферных осадков. Максимальное содержание K^+ содержится в пробе 4 Джангали Сухта (2,8439 мг/л), а самое низкое содержание K^+ в пробе 2 реки Дашти Хирсон (0,4621 мг/л).

Из всех анионов хлориды Cl^- обладают наибольшей миграционной способностью, что объясняется их хорошей растворимостью, слабо выраженной, способностью к сорбции взвешенными веществами и потреблением водными организмами. Как видно из таблицы 3 в исследуемых пробах хлориды соответствуют норме по ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая». Максимальная концентрация хлоридов содержится в пробе 10 притока Хушлар 5,272 мг/л, что связано поступлением в водоносные горизонты в результате растворения и сольватации хлоридов. Остальные пробы содержат низкое количество хлоридов в своем составе.

Таблица 3. Результаты физико-химического анализа поверхностных вод устья Камароб.

№	Место отбора проб	K ⁺ , мг/л	Na ⁺ , мг/л	Ca ²⁺ , мг/л	Mg ²⁺ , мг/л	F ⁻ , мг/л	Cl ⁻ , мг/л	CO ₂ ⁻ , г/л	HCO ₃ ⁻ , мг/л	SO ₄ ⁻ , мг/л	Жест-кость, в мг-экв/л
1.	река Субада	0.6993	0.5127	12.3385	1.5097	0.0133	1.1207	0	46.83121	5.5777	0,74
2.	река Дашти Хирсон	0.4621	0.2191	9.1884	0.9092	0	1.0072	0	36.30419	2.5409	0,53
3.	пр. приток-1, Гури Девона	1.3641	1.9707	39.4434	4.3448	0.003	1.2688	0.003425	139.4129	8.9452	2,33
4.	пр. приток-2, Джангали сухта	2.8439	1.6680	20.1532	3.4135	0.0203	1.1129	0.001024	81.93460	15.180	1,29
5.	река Камароб (начало)	0.7238	0.5773	11.5443	1.4286	0.0169	1.063	0	38.98598	4.2217	0,69
6.	пр. приток-3, Дихавз	0.8794	1.2312	20.4132	2.2676	0	1.0536	0.000787	85.65708	6.3121	1,21
7.	пр. приток-4, Обдараи Камароб	0.4776	0.8075	13.2092	1.2433	0.0248	1.1397	0	47.67177	3.4008	0,76
8.	левый приток-1, Пахмдара	0.5116	0.1574	4.8901	0.5544	0	1.0044	0	19.65309	2.4872	0,29
9.	левый приток-2, Пингун	0.7048	0.7286	13.6564	1.3621	0.0145	1.0894	0.000197	54.27617	3.6905	0,79
10.	пр. приток-5, Хушлар	1.2745	4.3235	117.069	24.585	0.241	5.272	0.006693	152.7017	313.13	7,89
11.	река Камароб (конец)	0.9217	0.6721	11.406	1.4339	0.0111	1.2308	0	45.43027	5.205	0,69
12.	река Сорбог	0.891	0.6115	16.1114	3.1311	0.0315	1.2516	0.000591	63.20212	8.8844	1,06

Гидрокарбонатные ионы являются важнейшей частью химического состава природных вод. Максимальное содержание HCO_3^- содержится в пробе 10 в притоке Хушлар (152, 7017 мг/л), а минимальное содержание выявлено в пробе 8 в притоке Пахмдара 19, 65309 мг/л (табл. 3).

Появление сульфат-иона в водах связано с растворением солей, содержащихся в осадочных породах. Сульфаты обладают хорошей миграционной способностью, но уступают хлоридам. Предельно допустимая концентрация сульфатов в воде для бытового водопользования и питьевого водоснабжения составляет 500 мг/дм³. Вода во всех рассмотренных пробах соответствует санитарной норме по содержанию сульфат-ионов (табл. 3).

Жесткость воды обуславливается содержанием в ней растворимых солей кальция Ca^{2+} и магния Mg^{2+} . Различают воду мягкую (до 2 мг·экв/л), средней жесткости (2-10 мг·экв/л) и жесткую (более 10 мг·экв/л). Жесткость воды может служить в качестве санитарного показателя: увеличение жесткости может зависеть от загрязнения воды, т.к. одной из причин повышения жесткости является распад органических веществ, в результате которого образуется углекислота, способствующая выщелачиванию из почв солей жесткости - кальция и магния. Как видно из таблицы 3 по ГОСТу 2874-82 - «Вода питьевая» проба 10 притока Хушлар (7,89 мг·экв/л) не соответствует нормативу, которая превышает не более 7,0 мг·экв/л. Это может быть связано, в первую очередь, с высокой минерализацией воды в районе [8].

Выводы

Показатели стабильных изотопов и химических элементов использовались

для оценки качества поверхностных вод ущелья Камароб. Результаты физико-химических анализов показали, что загрязнение воды ионами химических веществ не превышает ПДК по ГОСТу 2874-82 - «Вода питьевая», кроме пробы 10 притока Хушлар, которая по параметру общей жесткости превышает норму. К сожалению, единичные пробы, отобранные в рамках экспедиции, не дают основания для оценки влияния распределения осадков, речного стока и подземных вод на системы водопользования. Для этого нужно проводить регулярно отборы проб и анализы стабильных изотопов в течение года или нескольких лет. Чтобы получить более детальную картину состояния водных ресурсов в этом регионе, необходимо развивать данное направление исследований.

Литература

1. Каталог ледников СССР, Т. 14, Средняя Азия, Выпуск 3, Часть 5.-Л.: «Гидрометеиздат», 1980.
2. Атлас Таджикской ССР. -М., 1968.
3. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. -Л.: «Гидрометеиздат», 1965.
4. Stable Isotope. Hydrology. Deuterium and oxygen-18 in water cycle. IAEA TRS-210. Vienna: IAEA, 1981. -439 p.
5. Craig H. Isotopic variations in meteoric waters // Science, 1961. N 133. P. 1702-1703.
6. Ферронский В.И., Поляков В.А. Изотопы гидросферы Земли. -М.: Недра, 2009. -632 с.
7. Абдушукуров Д.А., Шаймурадов Ф.И., Эмомов К.Ф., Бобозода С.Ф. Оценка состояния поверхностных вод долины Ягноб / Научно-практический журнал «Водные ресурсы, Энергетика и Экология». 2024. т.4, №3. -С. 162-167.
8. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и конт-роль за качеством. Государственный стандарт СССР. -М, 1983.

АРҶЁБИИ ҲОЛАТИ ОБҲОИ РӯИЗАМИНӢ ДАР ДАРАИ КАМАРОБИ ВОДИИ РАШТ

Шаймурадов Ф.И.^{1*}, Эмомов К.Ф.¹,
Бобозода С.Ф.¹, Холмирзозода М.О.¹, Ҳомидов С.К.¹

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

*Муаллифи масъул. E-mail: sh.firdavs-80@mail.ru

Шарҳи мухтасар: Оид ба ҳолати обҳои рӯизаминӣ дар дараи Камароби водии Рашт тадқиқот гузаронида шуд. Харита дар формати Системаи иттилооти ҷуғрофӣ (GIS) бо иловаи нуқтаҳои намунаи об ва натиҷаҳои таҳлили минералӣ-кимиёвии онҳо, ки дар баҳиши атрибутҳои ҷадвалҳои формати GIS ҷойгир шудааст, сохта шудааст. Муайян кардани изотопҳои устувори $\delta^{18}\text{O}$ ва $\delta^2\text{H}$ дар анализатори изотопҳои лазерии PICARRO L 2110-i гузаронида шуд. Ҳама таносуби изотопҳои ченишуда аз хатти обҳои ҷаҳони метеорӣ (GMWL), ки ба оби уқёнус мувофиқат мекунанд, хеле болотар ҷойгиранд. Натиҷаҳои таҳлили физикӣ-химиявии обҳои рӯизаминии дараи Камароб оварда шудаанд.

Калидвожаҳо: изотопи устувор, дейтерий, оби вазнин, оби сабук, дараи Камароб, дарёи Сорбог.

ASSESSMENT OF THE STATE OF SURFACE WATERS IN THE KAMAROB GORGE OF THE RASHT VALLEY

Shaimuradov F.I.^{1*}, Emomov K.F.¹, Bobozoda S.F.¹,
Kholmirezozoda M.O.¹, Khomidov S.K.¹

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

* Corresponding author. E-mail: sh.firdavs-80@mail.ru

Abstract: The state of surface waters in the Kamarob gorge of the Rasht Valley was studied. A map was created in the Geographic Information System (GIS) format with the addition of water sampling points and the results of their mineral-chemical analysis, which is located in the attribute part of the GIS tables. Determination of stable isotopes $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ was carried out in a PICARRO L 2110-i laser isotope analyzer. All measured isotope ratios lie much higher than the global meteoric water line (GMWL), which corresponds to ocean water. The results of the physicochemical analysis of surface waters in the Kamarob gorge are presented.

Keywords: stable isotopes, deuterium, heavy water, light water, Kamarob Gorge, Sorbog River.

Маълумот оиди муаллифон: Шаймурадов Фирдавс Иноятович – номзоди илмҳои техникӣ, ходими калони илмӣ озмоишгоҳи сифати об ва экологияи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел.: +(992) 888888220, E-mail: sh.firdavs-80@mail.ru; Эмомов Каримдҷон Файзиддиновӣ - номзоди илмҳои техникӣ, ходими калони илмӣ озмоишгоҳи сифати об ва экологияи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел.: +(992) 934406504, E-mail: imomov-08@mail.ru; Бобозода Сухроб Файзалӣ - унвонҷӯи озмоишгоҳи сифати об ва экологияи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел.: +(992) 884000273, E-mail: rhr1952@mail.ru; Холмирзозода Муслима Олим – иҷрокунандаи вазифаи мудири озмоишгоҳи сифати об ва экологияи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел.: +(992) 918895964, E-mail: kholmirezoeva76@bk.ru, Ҳомидов Солеҳҷон Каримовӣ - ходими илмӣ шуъбаи идоракунии захираҳои об ва обсарфанамоии Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел.: +(992)907100128, E-mail: homid3610@gmail.com

Сведения об авторах: Шаймурадов Фирдавс Иноятович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории качества воды и экологии Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. Тел.: +(992) 888888220, E-mail: sh.firdavs-80@mail.ru; Эмомов Каримдҷон Файзиддиновӣ - кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории качества воды и экологии Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. Тел.: +(992)934406504, E-mail: imomov-08@mail.ru; Бобозода

Сухроб Файзали - соискатель лаборатории качества воды и экологии Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. Тел.: (+992) 884000273, E-mail: rhrl1952@mail.ru; Холмирзозода Муслима Олим – исполняющий обязанности заведующего лабораторией качества воды и экологии Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. Тел.: (+992) 918895964; E-mail: kholmirezoeva76@bk.ru; Хамидов Салихджон Каримович - научный сотрудник отдела управления водными ресурсами и водопользования Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. Тел.: (+992) 907100128, E-mail: homid3610@gmail.com

Information about the authors: Shaimuradov Firdavs Inoyatovich – candi-date of technical sciences, senior researcher of laboratory of water quality and ecology of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Тел.: (+992)888888220, E-mail: sh.firdavs-80@mail.ru; Emomov Karimjon Fayziddinovich - candidate of Technical Sciences, senior researcher of laboratory water quality and ecology of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Phone:(+992) 934406504, E-mail: imomov-08@mail.ru; Bobozoda Sukhrob Faizali - Water Quality and Ecology Laboratory Applicant of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Phone:(+992)884000273, E-mail: rhrl1952@mail.ru; Kholmirezozoda Mus-lima Olim - Acting Head of the Laboratory of Water Quality and Ecology of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Phone:(+992) 918895964, E-mail: khol-mirezoeva76@bk.ru; Khomidov Solekhjon Karimovich - research fellow of the Department of Water Resources Management and Water Use of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Phone:(+992) 907100128, E-mail: homid3610@gmail.com.

УДК 540.4(282.255.434):556.531

ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДЫ РЕКИ ЗЕРАФШАН И СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ, В БАССЕЙНЕ

Норматов И.Ш.¹, Курбон Н.Б.^{1,2*}, Холматов Б.Р.¹, Нурув А.У.¹

¹Таджикский национальный университет,

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

*Автор-корреспондент: E-mail:knomvarb.0502@gmail.com

Аннотация. В статье кратко представлены сведения о гидрохимическом составе и экологическом состоянии воды реки Зерафшан, данные показывают, что река Зерафшан не загрязняется в результате добычи полезных ископаемых на Анзобском горно-обогатительном комбинате. Химический анализ показывает наличие катионов и анионов в сезонных снегах на ледниках бассейна реки Зерафшан, которые имеют вулканическое происхождение. Обобщением результатов наблюдений за период 1998-2012 годов показано, что в горных районах Пенджикента и Айни, бассейна реки Зерафшан почти ежегодно происходят сильные наводнения и формирование селевых потоков с ощутимым экономическим ущербом. Только в городе Пенджикент экономический ущерб от наводнений 25 мая 2010 года составило 4,66 млн. долл. США.

Ключевые слова: экологическая ситуация, минерализация, сезонный снег, атмосферные осадки, стихийные бедствия, экономический ущерб, река, ледник, Зерафшан, Айни, Пенджикент.

Введение

В современных условиях мониторинг экологического состояния и исследование химического состава вод межгосударственных рек имеет не только научное, но и важное практическое, производственное и жизнеобеспечивающее значение. По

мнению авторов [1-3], для реки Зерафшан, являющейся межгосударственной рекой между республиками Узбекистан и Таджикистан, характерны проблемы аналогичные трансграничным рекам Центральной Азии – Сырдарья и Амударья, лишь с одним важным отличием - проблема

качества воды в данном бассейне стоит остро и приобрела межгосударственное значение.

Водные отношения между странами Средней Азии в период СССР регулировались согласно схеме «Комплексное использование и охрана водных ресурсов в бассейнах рек Амударья и Сырдарья». Главная цель названной схемы заключалась в установлении реального объема воды, доступного для использования в бассейнах рек Амударья и Сырдарья, а также распределении водных ресурсов региона между республиками с учетом интересов всех водопользователей.

Следует отметить, что в схему «Комплексное использование и охрана водных ресурсов в бассейнах рек Амударья и Сырдарья» не был включен ряд важных водных аспектов, а именно экологические и санитарно-гигиенические условия реки и больших каналов. Это было связано с тем, что названная схема была направлена на обеспечение водой сельскохозяйственных земель, используемых для выращивания стратегического сырья - хлопка-сырца. Это привело к появлению новых серьезных проблем, таких как наращивание процессов нарушения экологического равновесия (1), засоление почв и опустынивание земель (2), ухудшение качества воды (3), загрязнение рек пестицидами (4), гербицидами (5) и рост минерализации вод (6).

Ранее [4] было установлено увеличение минерализации реки Зерафшан от верховья реки до г. Навои (Республика Узбекистан) от 0,3 до 1,0 г/л и вниз по течению до Бухары до 2,6 г/л с переходом гидрокарбонатного к сульфатному составу воды. Резкое увеличение степени минерализации воды в районе Бухары до 2,5-4,0 г/л происходит за счет сточных и коллекторно-дренажных вод. Согласно результатам атомно-абсорбционного анализа, изменение химического состава реки Зерафшан варьируется в широких пределах (мг.

экв/‰): HCO_3^- 15.0-28.0; Cl^- 11.74-27.0; SO_4^{2-} 55.0-69.72; Ca^{2+} 27.0-36.79; Mg^{2+} 24.0-45.00; $\text{Na}+\text{K}$ 28.0-36.82 [5].

Результаты и обсуждение

Согласно научным результатам авторов [1-3, 6-7], для установления степени влияния Анзобского горно-обогатительного комбината на изменение химического состава воды реки Зерафшан в течение 2010-2012 гг. проводился отбор проб воды в пунктах, расположенных, соответственно, до и после хранилища сточных вод комбината, с периодичностью три раза в месяц.

Было установлено, что река Зерафшан не загрязняется сбросами Анзобского горно-обогатительного комбината [6-7]. Содержание тяжелых металлов в реке Зерафшан далеко от установленной для них предельно допустимой концентрации. Загрязнение реки Зерафшан происходит в основном в низовьях на территории Узбекистана коллекторно-дренажными, промышленными и коммунально-бытовыми сбросами Самаркандской области и г. Навои.

Представляет немаловажный интерес и научное значение исследований аккумуляющей способности ледников по отношению к атмосферным аэрозолям, мелким дисперсным химическим элементам и соединениям. В данной статье с целью определения химического состава ледникового питания водных артерий в зоне формирования водных ресурсов верховья реки Зерафшан, были отобраны пробы сезонного снежного покрова на поверхности ледников Зерафшан, Россиндж, Дихаданг, Водиф и Туро и проведены физико-химические анализы проб. Для того, чтобы иметь информацию о химическом составе формирующегося из ледников водного стока в зоне их формирования, проводился комплекс химических анализов сезонных снегов на вышеназванных ледниках (рис. 1).

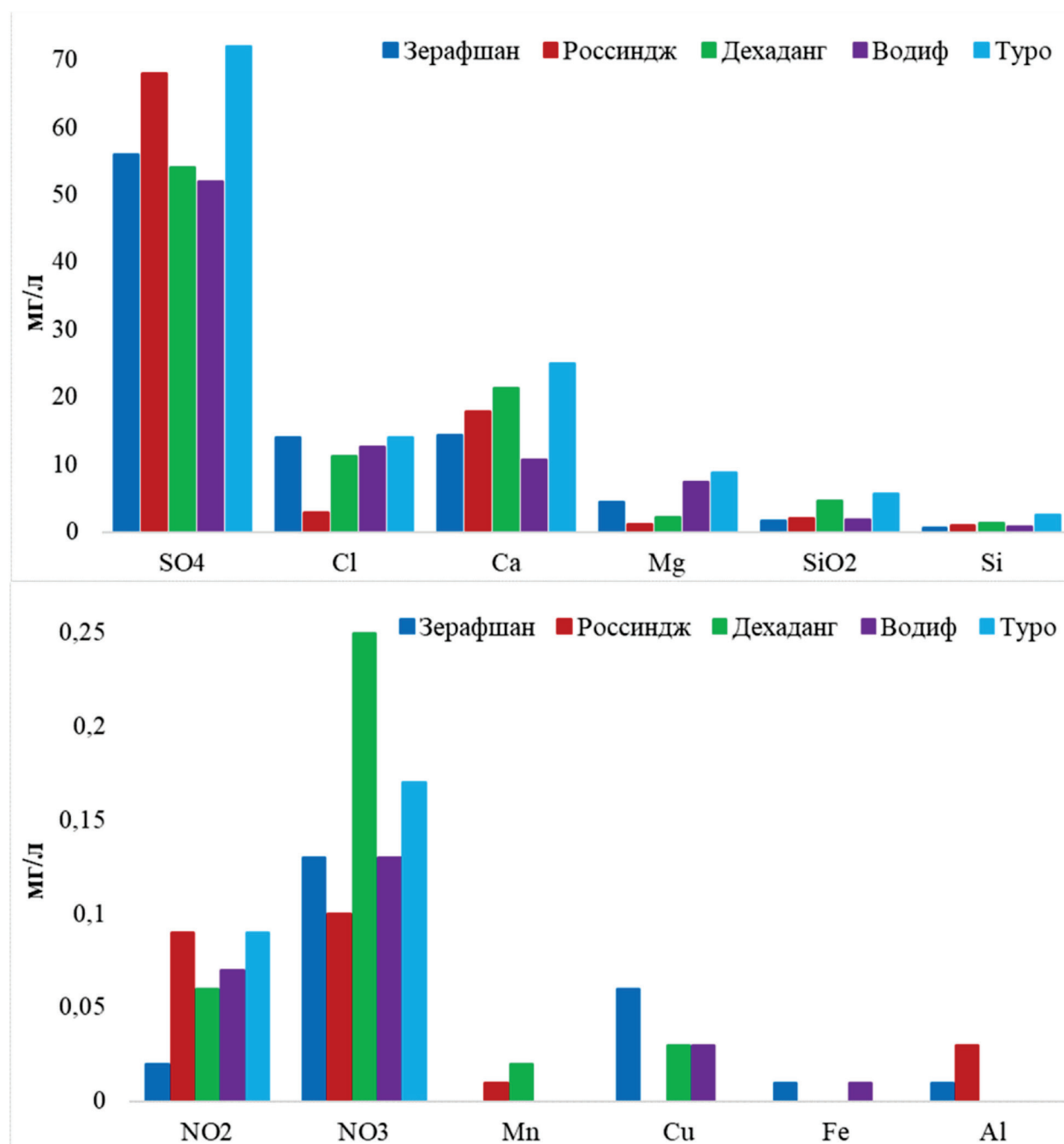


Рисунок 1. Содержание химических элементов в сезонных снегах на ледниках бассейна реки Зерафшан.

Следует отметить, что данные, приведенные на гистограммах 1 анализа выполнены в лаборатории мониторинга загрязнения окружающей среды и водных поверхностей Агентства по гидрометеорологии Республики Таджикистан. Также, из рис. 1 ясно, что на исследованных нами ледниках преобладает присутствие анионов (SO_4^{4-} , Cl^{-}) и катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+}).

Полученные результаты можно объяснить в рамках представлений о стратосферном аэрозольном слое, состоящим из мельчайших капель серной кислоты, которые были сформулированы в начале 60-х годов прошлого столетия [11]. Данные представления о аэрозольном слое позволили оценить концентрацию аэрозоля в стратосфере путем анализа ледя-

ного керна из скважины Дронинг Маунд Лэнд в Западной Антарктиде [12] и разработать методику количественной оценки мощности вулканических извержений в прошлом по изменению электропроводности и содержанию сульфатного иона SO_4^{2-} в слоях ледяных кернов [13]. Анализируя содержание тяжелых металлов и их распределение в свежес выпавших твердых осадках на ледниках южного склона Эльбруса, авторы [14] пришли к заключению, что тяжелые металлы приносятся в составе микрочастиц воздушными потоками дальнего переноса.

По сравнению с остальными регионами Таджикистана в бассейне реки Зерафшан чаще наблюдаются чрезвычайные ситуации, связанные с водным фактором, а именно наводнением, селевыми потоками и сходом лавин. В бассейне реки Зерафшан чрезвычайные случаи в среднем составляют более 150 случаев в году, или около 7% от общего количества по всей

территории республики [6, 15-17]. При этом большинство населения бассейна, а именно население районов Айни и Пенджикент, ежегодно несут большие экономические, а иногда и человеческие потери.

Согласно [6, 15-17], ежегодно за период наблюдений и регистрации чрезвычайных ситуаций, связанных с водным фактором, с 1998 по 2012 год в горных районах Пенджикент и Айни бассейна реки Зерафшан фиксировались наводнения и формирование селевых потоков. Согласно данным Комитета по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне при Правительстве Республики Таджикистан [6, 15-16], в Пенджикентском районе наводнение более ощутимого масштаба было зафиксировано в 2012 году с общим экономическим ущербом 4.66 млн. долл. США. В Айнинском районе подобная картина наблюдалась в 2002 году с экономическим ущербом более 3 млн. долл. США (рис. 2).

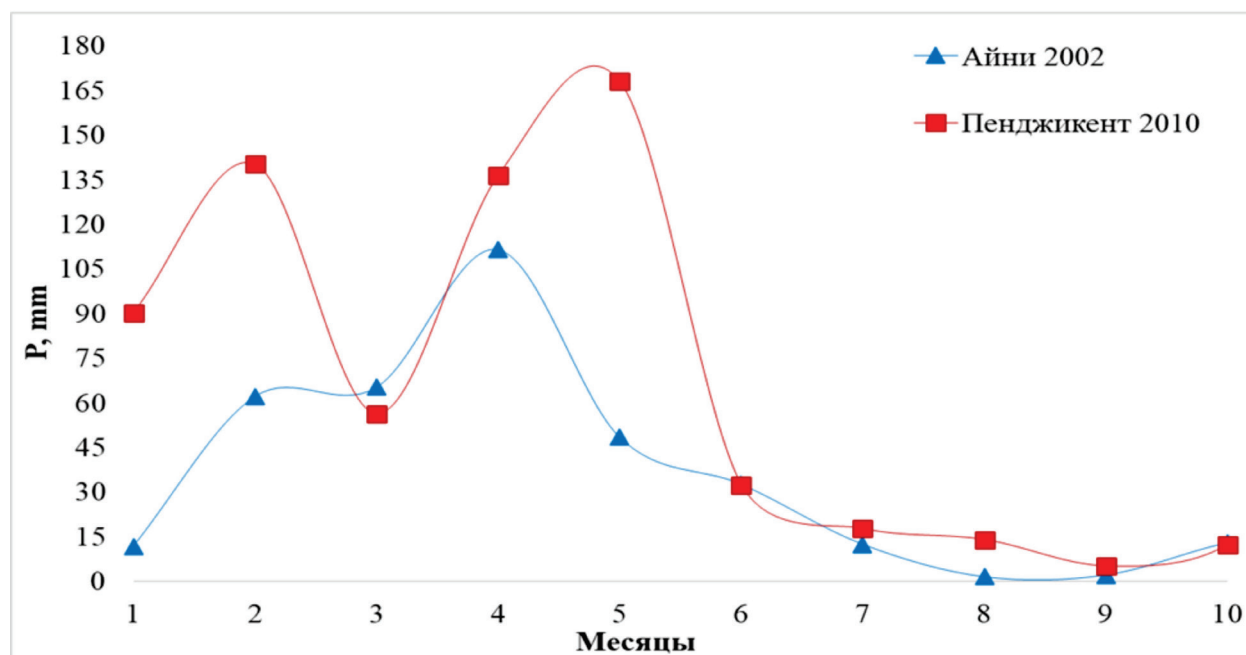


Рисунок 2. Сезонное распределение атмосферных осадков в бассейне в годы наиболее чрезвычайных ситуаций.

Метеостанциями, установленными в административных центрах бассейна реки Зерафшан, было зафиксировано выпадение обильных осадков в виде дождя, о чем свидетельствует представленная на рис. 2 сезонное распределение количество осадков в 2002 и 2010 годах в вышеназванных горных районах.

На рис. 3 представлены результаты ущерба всех трех крупных административных центров. Из рис. 3 видно, что по сравнению с городом Пенджикент и Ай-

нинском районе размер экономического ущерба в Горно-Матчинском районе сравнительно меньше [6, 15-17]. Это, прежде всего, обусловлено тем, что в районе Матч атмосферные осадки в основном происходят в твердом виде и, во-вторых, большой уклон местности позволяет собирать осадки и образовавшийся поток течет по каньонам и ущельям. В зоне рассеяния реки и в Айни атмосферные осадки выпадают в виде проливных дождей.

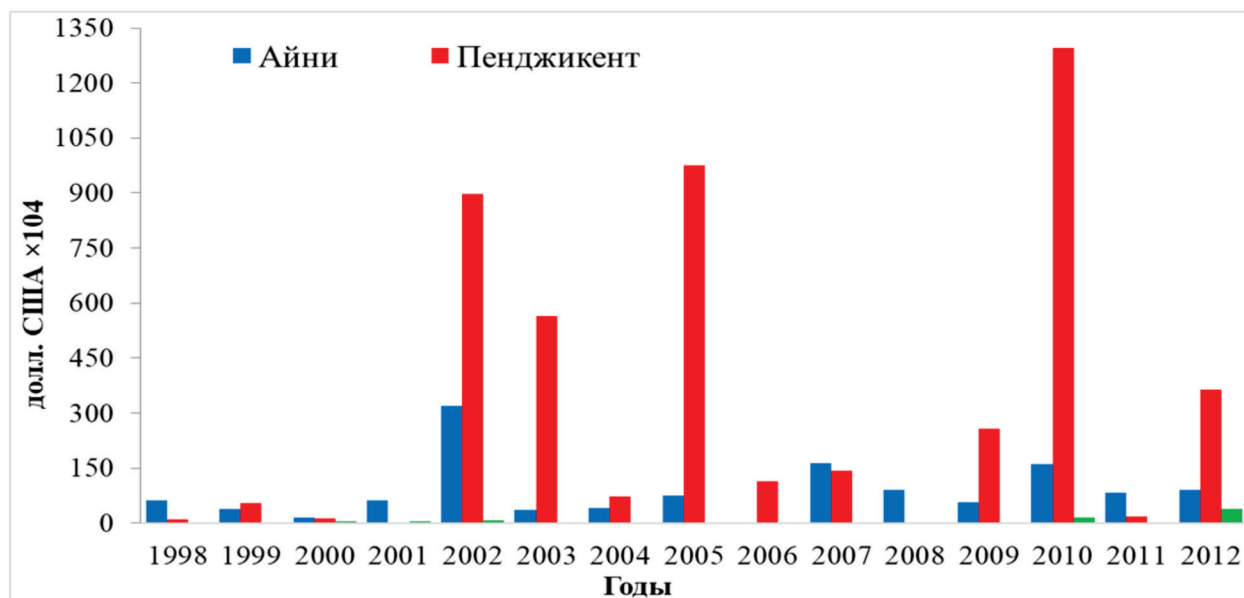


Рисунок 3. Экономический ущерб от наводнений и селевых потоков в Пенджикенте и Айни.

Как видно из рис. 3 в городе Пенджикент экономический ущерб в июне 2002 г. составил: 1481921,9 \$ США. В июне-июле месяце 2005 г. составил: 3039000 \$ США. В Айнинском районе ущерб от наводнения в апреле месяце 2002 г. составил: 567000 \$ США. В июле 2002 г. составил: 328000 \$ США. В тоже время, наряду с этим, представлены результаты оценки влияния ЧС гидрометеорологического характера на общеобразовательные учреждения, системы коммуникации и другие социально-общественные объекты БРЗ.

Выводы

Таким образом, в бассейне реки Зерафшан образована эффективная система управления мероприятиями по пред-

упреждению и ликвидации последствий стихийных бедствий. Ущерб, причиняемый населению в результате различных опасных явлений, может проявляться в потере жизни, заболеваниях с потерей трудоспособности, ухудшении качества жизни. Нанесенный ущерб природной среде, выражается в ухудшении экологического состояния, потерях земельных ресурсов, затратах на их реабилитацию и т.д.

Литература

1. Петров Г.Н., Норматов И.Ш. Конфликт интересов водопользователей в центрально-азиатском регионе и возможности его разрешения // Водные ресурсы, 2010. - Т.37. - №1, С.117-124.
2. Норматов П.И., Фрумин Г.Т. Сравнительный анализ гидрохимических показателей вер-

- ховья и низовья трансграничной реки Зеравшан // Ученые записки РГГМУ, 2015. - №39. - С.181-188.
3. Норматов П.И. Качество воды реки Зеравшан и химический анализ сезонных снегов на ледниках бассейна реки Зеравшан // Вестник Тадж. нац. ун-та, 2015. - Т.1. - №1(102). - С.306-310.
 4. Чембарисов Э.И., Шамсиев Ф.К. Управление качеством водных ресурсов Центральной Азии в экстремальных условиях, 2012. <http://rudos.exdat.com/docs2/index-584582.html>.
 5. Toderich K.N., Tsukatani T., Mardonov B.K., et al. Water Quality, Cropping and Small Ruminants: A Challenge for the Future Agriculture in Dry Areas of Uzbekistan. - Paper No.553, 2002, Kyoto Institute of Economic Research Kyoto University. - 8 p.
 6. Курбонов Н.Б., Фрумин Г.Т. Формирование состава водных ресурсов бассейна р. Зерафшан. Влияние изменения климата на условия формирования и химического состава водных ресурсов БРЗ. Монография. - LAP Lambert Academic Publishing, 2021. - 145 с.
 7. Нормакмедова З.О., Митусов А.В., Курбонов Н.Б. Качество воды озера Искандеркуль и его притоков // Центрально-азиатский журнал исследований водных ресурсов, 2020. - Т.6. - №2-2. - С. 38-47. - <https://doi.org/10.29258/CAJWR/2020-R1.v6-2/79-88.eng>
 8. Kurbonov N.B., Normakhmedova Z.O., Mitusov A.V., Normatov I.Sh. Hydrochemical Researches of Seasonal Snow and Water Quality of Rivers in the Zerafshan Valley // Proceedings of the X International Siberian Early Career Geoscientists Conference. - Novosibirsk, 13-17 June 2022. - P.171-172.
 9. Курбонов Н.Б., Норматов П.И. Гидрохимические исследования сезонных снегов на ледниках верховья Зерафшанская долина и качество вод реки Зерафшан // Материалы респуб. научно-теорет. конф. профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной «25-летию Государственной независимости РТ». - Душанбе, 18-23.04.2016 г. С.71-72.
 10. Kurbonov N.B., Normatov I.Sh. Analyses and Monitoring of Water Resources (Quantity and Quality) of the Mountain Zerafshan River Basin // Materials of the Republican scientific and theoretical conference of the teaching staff and employees of TNU, dedicated to the "700th anniversary of M.S.A. Hamadoni" and the International Decade of Action "Water for Life, 2005-2015". - Dushanbe, April 20-25, 2015 - P.71-72.
 11. Борзенкова И.И., Брук С.А. О влияние вулканических извержений на изменение климата в позднеледниковом голоцене. – Труды ГГИ, Вып. 347. - С.40-56.
 12. Traufetter F., Oerter H., Fischer H., et al. Spatio-temporal variability in volcanic sulphate deposition over the past in snow pits and firn cores from Amundsenisen, Antarctica. - J. Glacial, 2004, vol. 50, No. 168. - PP.137-146.
 13. Hammer C.U., Clausen H.B., Dansgaard W. Greenland ice sheet evidence of post-glacial volcanism and its climate impact. - Nature, 1980, 288. - PP.230-235.
 14. Керимов А.М., Рототаева О.В., Хмелевской И.Ф. Распределение тяжёлых металлов в поверхностных слоях снежно-фирновой толщи на южном склоне Эльбруса. - Лёд и Снег, 2011, № 2 (114). - С.24-35.
 15. Норматов П.И., Курбанов Н.Б. Риски, связанные с водными факторами в бассейнах трансграничных рек // VIII международная научная конференция молодых ученых и талантливых студентов «Водные ресурсы, экология и гидрологическая безопасность». - Москва, Россия. 2014, С.7-10.
 16. Курбонов Н.Б. Мониторинг чрезвычайных ситуаций и их зависимость от метеорологических условий в бассейне реки Зерафшан // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук, 2014, №1-1 (126), С.273-279.
 17. Normatov I., Kurbonov N., Narzulloev N. Ecological and risk assessment aspect of the Zerafshan Transboundary River basin water resources management // Materials of International Conference «Mountain hazards 2013». - Bishkek, 16-18 September 2013, P.46-47.

ОИД БА АҲАМИЯТИ ВАЗЪИ ЭКОЛОГИИ ОБИ ДАРӢИ ЗАРАФШОН ВА ОФАТҲОИ ТАБИИИ МАРБУТ БА ОБ ДАР ҲАВЗА

Норматов И.Ш.¹, Курбон Н.Б.^{1,2*}, Холматов Б.Р.¹, Нуров А.У.¹

¹Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

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

*Муаллифи масъул. E-mail: sh.firdavs-80@mail.ru

Шарҳи мухтасар. Дар мақолаи мазкур ба таври мухтасар оид ба таркиби гидрохимиявӣ ва ҳолати экологии оби дарӢи Зарафшон маълумот пешниҳод гардида, нишон дода шудааст, ки дарӢи Зарафшон дар натиҷаи истихроҷи маъданҳои Комбинати маъдантозакунии Анзоб ифлос намешавад. Таҳлили химиявӣ дар барфҳои мавсимии сатҳи пирахҳои ҳавзаи дарӢи Зарафшон нишон доданд, ки онҳо пайдоиши вулкони доранд, дар таркиби барфи мавсимӣ мавҷудияти катионҳо ва анионҳо нишон дод. Ҷамъбасти натиҷаҳои мушоҳидаҳо дар солҳои 1998-2012 нишон медиҳад, ки дар ноҳияҳои кӯҳии Панҷакент ва Айнии ҳавзаи дарӢи Зарафшон қариб ҳамасола обхезии шадид ва ташаккули сел бо хисороти зиёди иқтисодӣ рух медиҳад. Танҳо дар шаҳри Панҷакент хисороти иқтисодӣ аз обхезии 25 майи соли 2010 4 миллиону 660 ҳазор доллари амрикоиро ташкил додааст.

Калидвожаҳо: ҳолати экологӣ, маъданнокӣ, барфи мавсимӣ, боришоти атмосферӣ, офатҳои табиӣ, хисороти иқтисодӣ, дарӢ, пирах, Зарафшон, Айни, Панҷакент.

ON THE RELEVANCE OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE WATER OF THE ZARAFSHON RIVER AND NATURAL DISASTERS ASSOCIATED WITH WATER IN THE BASIN

Normatov I.Sh.¹, Kurbon N.B.^{1,2*}, Kholmatov B.R.¹, Nurov A.U.¹

¹National University of Tajikistan

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

* Corresponding author. E-mail: knomvarb.0502@gmail.com

Abstract. The article briefly presents information on the hydrochemical composition and ecological state of the Zarafshon River water, the data show that the Zarafshon River is not polluted as a result of mining operations at the Anzob Mining and Processing Plant. Chemical analysis showed the presence of cations and anions in seasonal snow on the glaciers of the Zarafshon River basin, which are of volcanic origin. Summarizing the results of observations for the period 1998-2012, it is shown that in the mountainous areas of Penjikent and Ayni of the Zarafshon River basin, severe floods and mudflows with significant economic damage occur almost every year. Only in the city of Penjikent, the economic damage from the floods of May 25, 2010 amounted to 4.66 million US dollars.

Keywords: ecological situation, mineralization, seasonal snow, precipitation, natural disasters, economic damage, river, glacier, Zarafshon, Ayni, Panjakent.

Маълумот дар бораи муаллифҳо: Норматов Ином Шерович – доктори илмҳои химия, узви вобастаи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, профессор, мудири кафедраи метеорология ва климатологияи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон; Курбон Номвар Бойназар – номзади илмҳои техникӣ, дотсент, муовини директор оид ба илм ва таълими Институту масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, дотсенти кафедраи метеорология ва климатологияи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон; Холматов Бобочон Раҷабович – докторанти (PhD) кафедраи экологияи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон; Нуров Абдурасул Урозович – ассистенти кафедраи экологияи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон.

Сведения об авторах: Норматов Ином Шерович – доктор химических наук, член-корреспондент Национальная академия наук Таджикистана, профессор, заведующий кафедрой метеорологии и климатологии Таджикский национальный университет; Курбон Номвар Бойназар – кандидат технических наук, доцент, заместитель директора по науке и образованию Института водных проблем, гидроэнергетики и

экологии Национальная академия наук Таджикистана, доцент кафедры метеорологии и климатологии Таджикский национальный университет; Холматов Бободжон Раджабович – докторант (PhD) кафедры экологии Таджикский национальный университет; Нуров Абдурасул Урозович – ассистент кафедры экологии Таджикский национальный университет;

Information about the authors: Normatov Inom Sherovich – Doctor of Chemical Sciences, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Professor, Head of the Department of Meteorology and Climatology of the Tajik National University; Kurbon Nomvar Boynazar – Candidate of Technical Sciences, Docent, Deputy Director for Science and Education of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Associate Professor of the Department of Meteorology and Climatology of the Tajik National University; Kholmatov Bobodzhon Radzhabovich – PhD student of the Department of Ecology of Tajik National University; Nurov Abdurasul Urozovich – Assistant of the Department of Ecology of Tajik National University.

УДК 574.5

ТАҒЙИРЁБИИ МАВСИМИИ ТАРКИБИ ОБИ ШОХОБҲОИ АСОСИИ ҲАВЗАИ ДАРЁИ КОФАРНИҲОН

Боев М.Р.¹, Шоймуродов Ф.И.^{1*}, Шарифов Ф.Д.¹, Курбон Н.Б.^{1,2}

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

²Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

*Муаллифи масъул: E-mail: sh.firdavs-80@mail.ru

Шарҳи мухтасар. Дар мақола тағйирёбии таркиби оби шохобҳои асосии дарёи Кофарниҳон дар фаслҳои тирамоҳу баҳор мавриди тадқиқи гирифтаанд. Мувофиқи тадқиқоти гузаронидашуда таркиби намакҳо, макро- ва микроэлементҳои обҳои шохобҳои ҳавза муайян ва таҳлил шудаанд. Дар асоси мушоҳида ва таҳлилҳо муайян карда шуд, ки бо тағйирёбии фасли сол (тирамоҳ ва баҳор) консентратсияи намакҳо ва яқчанд моддаҳои химиявӣ чӣ гуна тағйир меёбанд ва ба сифати об чӣ таъсире мерасонанд.

Калидвожаҳо: дарёи Кофарниҳон, намакҳо, микроэлементҳо, сифати об, омилҳои антропогенӣ, хусусиятҳои физикию химиявии об, моддаҳои маҳдудшуда.

Мукаддима

Оби дарёҳо бо таркиби химиявии худ аз ҳам фарқ мекунанд, зеро ба сифати об тавсифи гидрогеологӣ ва гидрохимиявии ҳавзаи дарёҳо таъсир мерасонанд. Ба таркиби об таҳшинҳо, обшавии барф ва шохобҳо, воридшавии дарёҳои бузург, обҳои зеризаминӣ, инчунин омилҳои антропогенӣ таъсири назаррас доранд.

Дарёҳои Тоҷикистон асосан аз барфу пирахҳо ғизо мегиранд. Обхезиҳои баҳорӣ дар дарёҳо моҳҳои март ва апрел рӯй медиҳанд, ки аз обшавии барфҳо дар қисми ҳамвориҳои ҳавзаи дарёҳо ва назди кӯҳҳо сарчашма мегиранд. Дар моҳи май, ки давраи обшавии бошиддати пирахҳо мебошад, обхезии дуюм ва асосии дарёҳо рӯй медиҳад ва дар моҳи июл ба авҷи худ мерасанд. Пастшавии об дар моҳҳои де-

кабр ва январ мушоҳида мешавад, манбаи асосии ғизогирии дарёҳо дар ин давра обҳои зеризаминӣ мебошанд. Чунин гуногунии манбаҳои ғизогирии дарёҳо ба тағйироти хусусиятҳои физикӣ-химиявии обҳо ва миқдори металҳо дар маҳдудҳои об оварда мерасонад ва онҳоро ба мавсимҳои мушоҳидашаванда вобаста мегардонад.

Дар ин боб натиҷаҳои коркард ва шаҳрдиҳии маълумотҳои қаблан дастрасгардида баён гардидаанд. Таҳлилҳои тамоюлҳои мавсимии бузургҳои физикӣ-химиявии об дар дарёҳои ба қаторкӯҳҳои ҷанубии Ҳисор ҷоришавандаи Тоҷикистонро фаро мегирад [7].

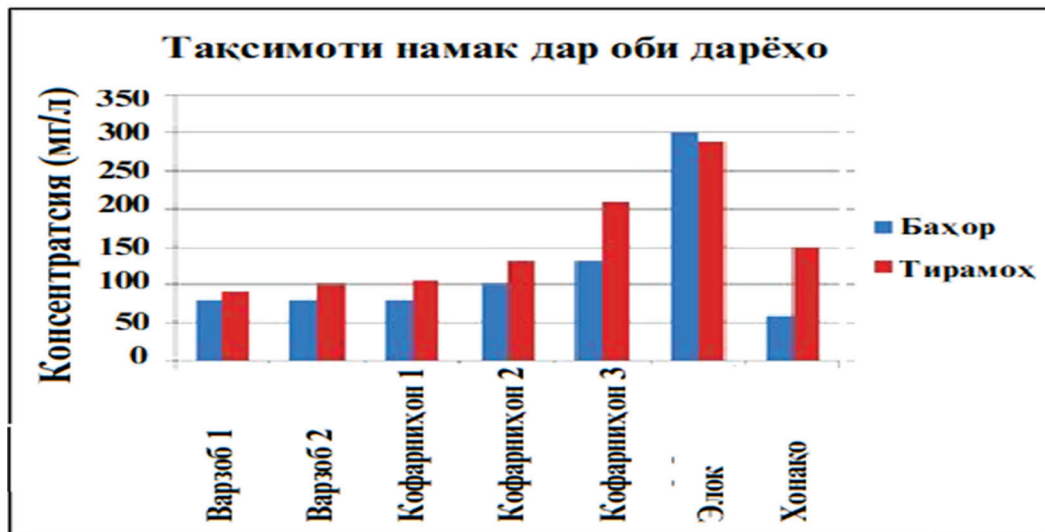
Дар доираи озмоиши «Наврӯз» аз дарёҳои асосии Тоҷикистон намунаҳо гирифта шуданд. Интиҳоби намунаҳо дар

мавсимҳои гуногун, дар марҳилаҳои об-хезӣ, мавсими баҳору тобистон (моҳҳои май-июн), камобӣ, тирамоҳ (октябр-ноябр) гузаронида шуд. Дар баробари намунагирӣ бузургҳои асосии химиявӣ ва физикавии об: ҳарорат, pH, нокилияти хос, таркиби умумии моддаҳои ҳалшуда, шурнокӣ, оксигени ҳалшуда ва потенциали оксидкунӣ-барқароркунӣ чен карда шуданд. Ченкунии хусусиятҳои химиявӣ ва физикавии об дар ҷойи интиҳоби проб тавассути асбоби “HydrolabDS-5” (ИМА) амалӣ карда шуд [6].

Таркиби об дар дарёҳо ва ҷаъри он дар бораи равандҳои геологӣ, геохимиявӣ ва антропогении дар ҳавзаҳои он рӯйдиҳанда ахбороти заруриро медиҳад. Аз ҳама нуктаи поёни ҷуғрофии водиҳо тамоми болообро дар худ фаро мегиранд. Болообҳо махсусан дар давраи серобӣ ҳудуди калони замин ва моддаҳои гуногуни сари роҳи худро шуста мебарад. Моддаҳои дар шакли маҳлул ё моддаҳои ҳалношуда (су-

спензия) ба об мегузаранд. Моддаҳои ҳалношуда мувофиқи ҳаракати худ бо рафти дарё таҳшин мешаванд. Тағйирёбии мавсимии ҳаҷми ҷоришавии обӣ ва ғизогирӣ дар ҳавзаи дарё ба сифати об таъсир мерасонанд.

Натиҷаҳо ва таҳлил. Шохобҳои дарёи Кофарниҳон, ки аз шохаҳои ҷанубии қаторкӯҳҳои Ҳисор ҷорӣ мешаванд, мавриди омӯзиш қарор гирифт. Барои тадқиқот чунин нуқтаҳои дарёҳо интиҳоб шуданд: Варзоб 1 (18 км болотар аз шаҳри Душанбе), Варзоб 2 (9 км поёнтар аз шаҳри Душанбе), Кофарниҳон 1 (1 км болотар аз ҳамроҳшавӣ бо дарёи Варзоб), Кофарниҳон 2 (3 км поёнтар аз якҷояшавӣ бо дарёи Элок), Кофарниҳон 3 (пули роҳи оҳани ш. Шаҳритус), Элок ва Хонақо. Дар расми 1 тақсимооти намаки дар оби дарё маҳлулшуда ва ченкунии давраи баҳорӣ дар давраи серобӣ ва камобӣ нишон дода шудааст.



Расми 1. Тағйироти мавсимии тақсимооти намак дар оби дарёҳо.

Оби дарёҳои кӯҳӣ маъданнокшавии кам доранд, миқдори намак дар онҳо бо истиснои дарёи Элок аз 130 мг/л (баҳор) кам аст. Баланд будани миқдори намак дар ин нуқтаи интиҳоб ба мавҷудияти вририд шудани намакҳо аз сатҳи замин вобастагӣ дорад. Дар ин нуқтаи намунагирӣ дар давраи баҳор маъданнокшавии

об 300 мг/л-ро ташкил дода, дар тирамоҳ қариб бетағйир боқӣ мемонад.

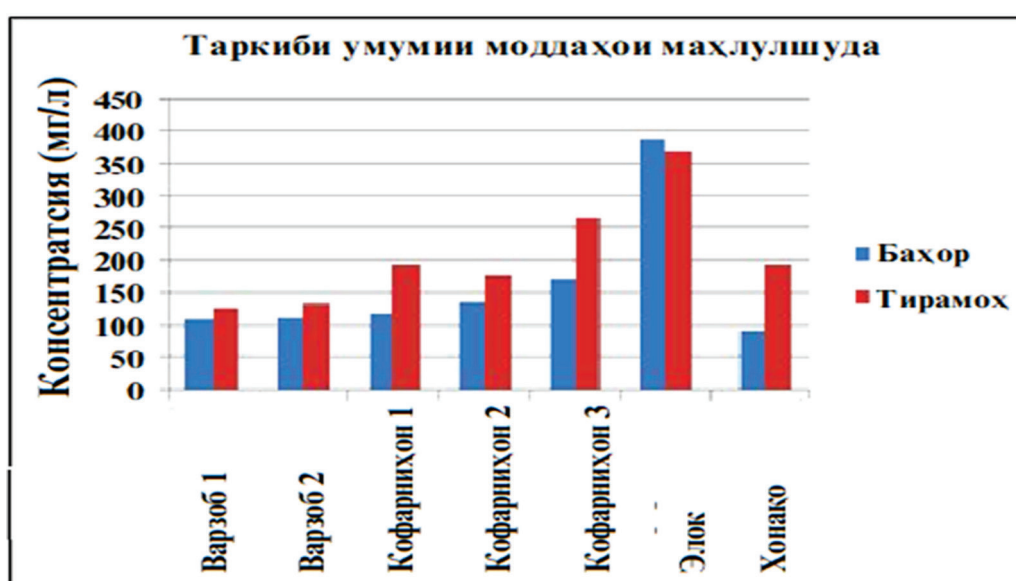
Муқоисаи тақсимооти намак дар обҳо нишон медиҳад, ки дар ҳамаи дарёҳо консентратсияи намаки маҳлулшуда дар мавсими тирамоҳ нисбат ба давраи баҳорӣ балантар аст. Аз ҳама айёнтар зиёдшавии миқдори намак дар обҳои дарёи Хо-

нақо ба мушоҳида мерасад. Шояд чунин тақсимот аз характери ғизогирии дарёҳо дар давраи тирамоҳу зимистон вобастагӣ дошта бошад, зеро дар ин давраҳо оби дарёҳо аз обҳои зеризаминӣ ғизо мегиранд, ки ин обҳо аз намак ва металлҳо бой буда, боиси афзудани маъданнокшавии об мегарданд.

Ҳангоми таҳлили тағйироти мавсимии миқдори таркиби умумии моддаҳои маҳлулшуда дар об манзараи монанд мушоҳида мешавад. Миқдори умумии моддаҳои ҳалшудаи саҳт аз субстансияҳои

органикӣ ва ғайриорганикӣ – моддаҳои минералӣ, намак, катионҳо ва анионҳои дар ҳаҷми об пароканда ҷойгиршуда таркиб ёфтаанд.

Қимати камтарини миқдори таркиби умумии моддаҳои маҳлулшуда дар об ба хосиятҳои гидрохимиявӣ ва геохимиявӣ ҳавзаи дарё алоқаманд мебошад, ки консентратсияи он дар давраи серобии баҳор аз 95 мг/л (Хонақо) то 380 мг/л (Элок), ва дар тирамоҳ аз 110 мг/л (Варзоб 1) то 370 мг/л (Элок) тағйир меёбад.



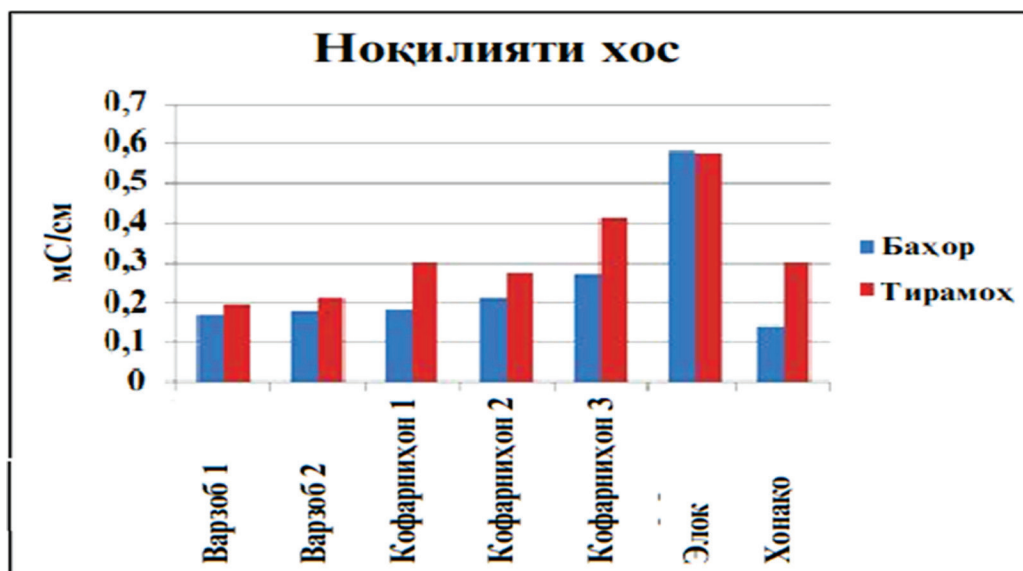
Расми 2. Тағйироти мавсимии тақсимоти таркиби умумии моддаҳои маҳлулшуда дар оби дарёҳо.

Дар дарёҳои Кофарниҳон ва Хонақо дар мавсими тирамоҳ нисбат ба баҳор миқдори зиёди таркиби умумии моддаҳои дар об ҳалшуда мушоҳида мешаванд.

Дарёи Кофарниҳон сарчашмаи таъминоти оби ошомиданӣ мебошад ва ҳамзамон омилҳои гуногуни ифлосшавӣ дорад. Дарё аз ҳудуди минтақаи сараҳолӣ гузашта, обҳои партофташудаи системаи обёрӣ ва оби заҳбурҳои тозанашуда ва партовҳои оби чуйҳои ш. Душанбе ва ш. Кофарниҳонро ҳам мекунад. Мувофиқи маълумоти дар ҳисоботҳо овардашуда дар дарёҳои поёноб об барои истифода

дабарӣ тамоман корношоям мегардад. Дарёи Кофарниҳон бештар аз ҳама зери таъсири антропогенӣ мондааст. Нишондиҳандаи коли-индекс чанд маротиба аз меъёр баланд аст [5].

Муқоисаи тағйирёбии мавсимии консентратсияи таркиби умумии моддаҳои маҳлулшуда (расми 2) ва ноқилияти хос (расми 3), ки бевосита аз консентратсияи намаки дар об маҳлулшуда (расми 1) вобастагӣ дорад, нақшаи монандро нишон медиҳад. Таҳлилҳои гузаронидашуда бори дигар аз дурустии ченкуниҳои гузаронидашуда шаҳодат медиҳанд.



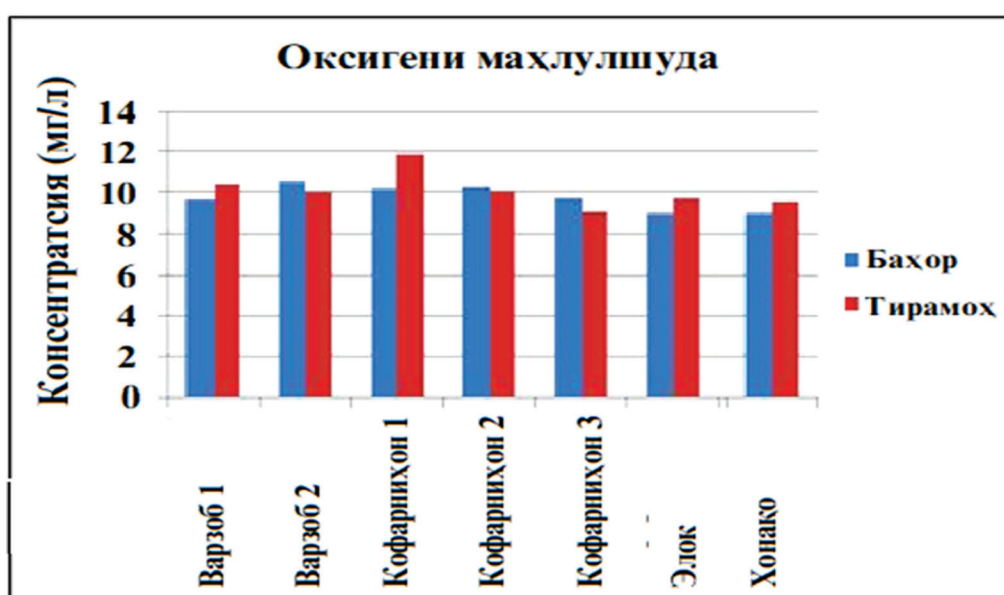
Расми 3. Ноқилияти хос дар дарёҳо дар баҳор ва тирамоҳ.

Тадқиқоти гузаронидашуда дар бораи тағйирёбии мавсимии бузургҳои физикӣ-химиявии об дар дарёҳои омӯхташуда имконият медиҳад тахмин кунем, ки тақсими намак ва таркиби умумии моддаҳои маҳлулшуда дар асоси хусусиятҳои геохимиявии ҳавзаҳои дарёҳо муайян карда мешаванд.

Оксигени маҳлулшуда миқдори оксигени дар оби дарё ҳалшударо тавсиф медиҳад ва ҳаётро дар организмҳои обӣ нигоҳ медорад. Моддаҳои органикӣ миқдори оксигенро дар обҳо кам мекунад,

ки ба ҳалокати организмҳои обӣ оварда расонида метавонад.

Таҳлили маълумотҳо оид ба оксигени маҳлулшуда дар оби дарёҳо нишон медиҳад, ки обҳо дар сатҳи кофӣ бо оксиген таъмин мебошанд ва нишондиҳандаҳо ба қимати болообҳо мувофиқ меоянд. Вобаста ба мавсим тағйирёбии ночиз мушоҳида мешавад (расми 4). Миқдори оксигени маҳлулшуда баҳор аз 8,9 мг/л то 10,5 мг/л ва тирамоҳ аз 9,0 мг/л то 11,9 мг/л тағйир меёбад.



Расми 4. Тағйирёбии мавсимии тақсими оксигени маҳлулшуда.

Дар обҳо боло рафтани миқдори оксигени ҳалшудаи об дар давраи тирамоҳ дар нуқтаҳои Варзоб 1, Кофарниҳон 1, Элок ва Хонако ба қайд гирифта шудааст.

Давраи баҳору тобистон марҳилаи истеъмоли об бо мақсадҳои обёрикунӣ мебошад. Дар натиҷа ҷуи захбурҳои ҳоҷагии кишлоқ, ки дар таркиби худ моддаҳои ифлоскунандаи органикӣ ва химиявӣ, оксигени ҷаббидашуда доранд, ба дарё бозпас мегарданд. Маълум аст, ки ин сабаби дар фасли тирамоҳ нисбат ба фасли баҳор поён рафтани оксигени ҳалшударо дар оби дарёҳои Варзоб 2, Кофарниҳон 2 ва Кофарниҳон 3 шарҳ медиҳад. Дар поёноби дарёи Кофарниҳон кам шудани концентратсияи оксигени маҳлулшуда дар тирамоҳ ба тағйироти ҳосияти гидроморфологӣ ва сусти гаштани раванди азратсия (тоза кардани ҳаво)-и табиӣ алоқаманд буданаш мумкин аст. Ҳамаи дарёҳои номбаршуда ба мавзеҳои сераҳоли ҷорӣ мешаванд. Омили иловагии поён рафтани концентратсияи оксигени маҳлулшуда дар мавсими ҷоришавии минималии об партофтани оби ифлоси мунисипалӣ ба дарёҳо буда метавонад.

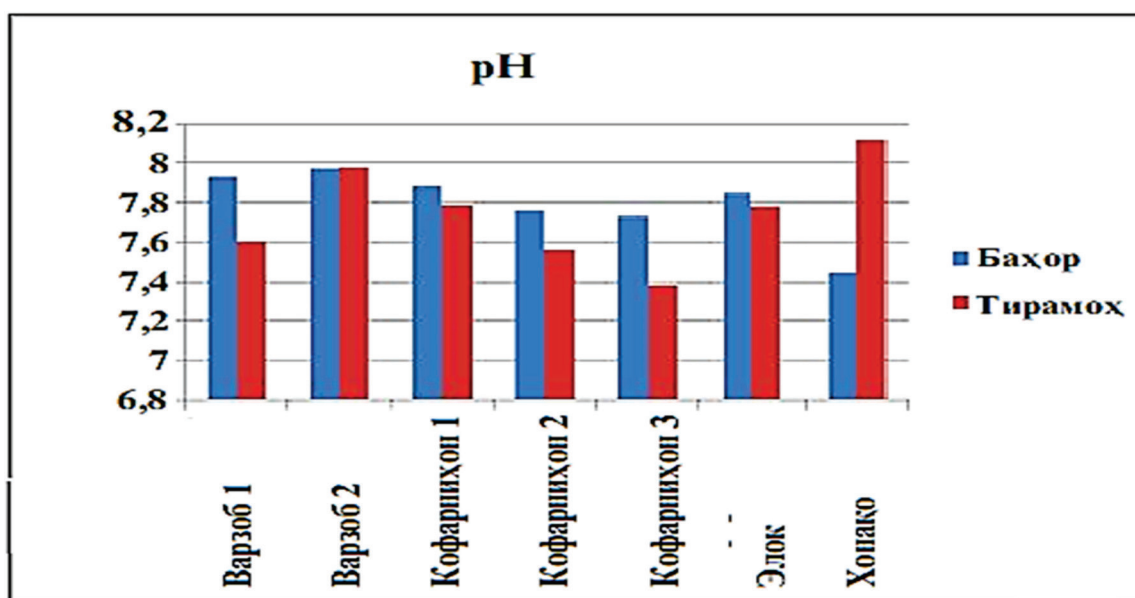
Барои тавсифи тағйирёбии мавсимӣ бузургии рН – ро қайд намудан лозим аст. Бузургии рН яке аз нишондиҳандаи

сифати об буда, барои равандҳои химиявӣ ва биологии дар болообҳои табиӣ обҳо рӯйдиханда аҳамияти муҳим дорад. рН-и об ба раванди табдилёбии шаклҳои гуногуни элементҳои биогенӣ, шаклҳои кучиши металлҳо ва тағйирёбии захираҳои моддаҳои ифлоскунанда таъсир мерасонад. Манзараи тағйирёбии мавсимии бузургии рН дар оби дарёҳо дар расми 5 оварда шудааст.

Дар расм маълум аст, ки нишондиҳандаҳои гидрогенӣ дар баҳор аз 7,3 то 7,8 ва дар давраи тирамоҳ аз 7,4 то 8,5 тағйир меёбад. Афзудани бузургии рН об тирамоҳ нисбати баҳор дар дарёи Хонако мушоҳида мешаванд. Шояд ин ҳодиса ба он алоқамандӣ дорад, ки дар фасли тирамоҳ ба об миқдори зиёди намак, махсусан, ионҳои кислотаи ангишт ворид мешавад.

Нишондиҳандаҳои гидрогенӣ дар ин дарёҳо зиёда аз 0,5 воҳид меафзояд. Барои оби дигар дарёҳои омӯхташаванда нишондиҳандаи рН кам мегардад, ки ба тасаввуроти умумии геохимиявӣ мувофиқ аст.

Омили муҳими экологӣ паҳншавии металлҳо дар об мебошад. Усули дорони дақиқияти баланди муайянкунии концентратсияи ками металлҳо дар иншоотҳо ТНФ мебошад.



Расми 5. Тағйирёбии мавсимии қимати рН дар оби дарёҳо.

Барои омӯзиш тақсимшаии макроэлементҳо, аз ҷумла калсий, натрий, оҳан ва манган дар оби шохобҳои дарёи Кофарниҳонро гирифтём. Намунаҳои озмоиши аз давраҳои селобии баҳорӣ ва пастобии тирамоҳӣ гирифта ва ҷен карда шуданд. Дар натиҷаи таҳлилҳо муайян гардид, ки дар дарёҳои Варзоб ва болооби Кофарниҳон дар мавсими тирамоҳ миқдори Са кам мегардад, вале дар поёноби дарёҳо, дар ҳамвориҳо меафзояд. Тибқи таҳлили миқдори На дар шохобҳо муайян намуд, ки дар фасли тирамоҳ зиёдшавии концентратсияи На ба назар мерасад. Вале

дар фасли тирамоҳ концентратсияи Fe ва Mn кам мегардад. Тағйирёбии мавсимии концентратсияи макроэлементҳо дар шохобҳои таҳлилшуда дар ҷадвали 1 оварда шудааст.

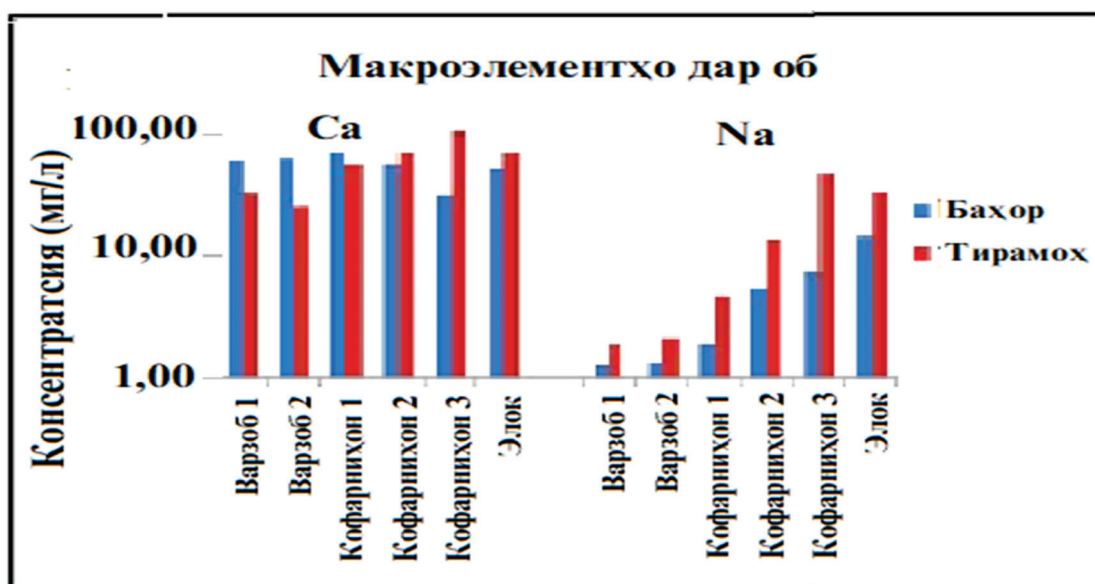
Манзараи дақиқи вобаста ба вақт тақсим шудани намакҳо ва моддаҳои маҳлулшавандаи об ошкоршуда ҳангоми омӯзиши тақсими Na дар вариатсияи мавсимӣ такрор мешавад. Барои Са дар тадқиқоти мо тағйирёбии мавсимӣ аз манзараи умумии тақсими элементҳо дар об (расми 6) фарқ мекунад.

Ҷадвали 1. Тағйирёбии мавсимии тақсими макроэлементҳо дар дарёҳо.

Дарёҳо	Са (мг/л)		Na (мг/л)		Fe (мг/л)		Mn (мг/л)	
	Баҳор	Тирамоҳ	Баҳор	Тирамоҳ	Баҳор	Тирамоҳ	Баҳор	Тирамоҳ
Варзоб 1	51,09	27,20	1,22	1,85	0,685	0,107	0,012	0,001
Варзоб 2	53,03	22,28	1,34	2,01	0,217	0,033	0,008	0,003
Кофарниҳон 1	56,30	46,61	1,84	4,43	0,196	0,043	0,006	0,002
Кофарниҳон 2	46,67	57,20	5,06	11,95	0,211	0,125	0,012	0,008
Кофарниҳон 3	26,90	82,70	6,58	40,18	0,169	0,095	0,009	0,010
Элок	43,01	58,01	12,81	29,07	0,321	0,081	0,001	0,006

Концентратсияи зиёди Са дар дарёҳои Варзоб ва шохобҳои кӯҳии ҳавзаи дарёи Кофарниҳон дар давраи камобии тирамоҳию зимистонӣ ва концентратсияи ками Са дар баҳор, ҳангоми селобӣ ба қайд ги-

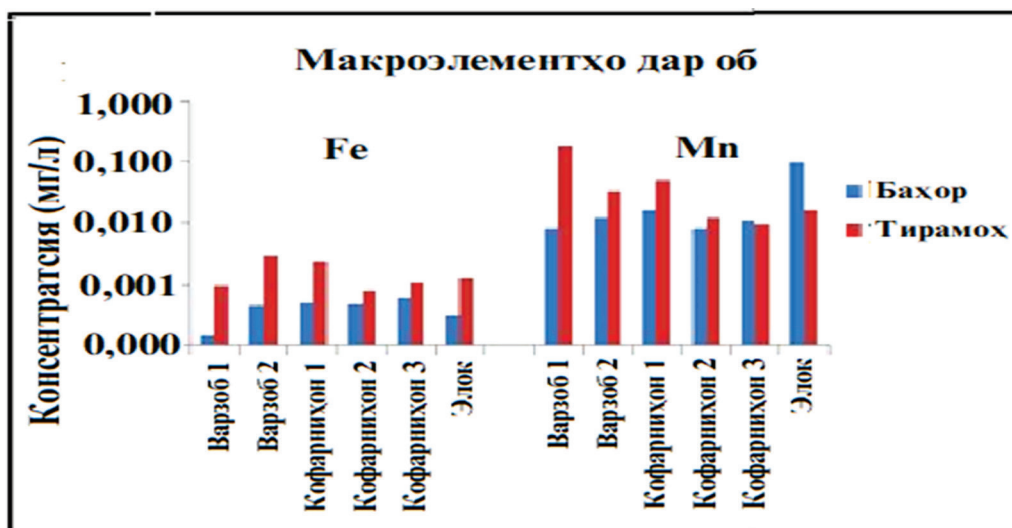
рифта шуд. Дар ҳамвориҳои шохобҳои дарёи Кофарниҳон (аз ҷумла Элок) миқдори Са тирамоҳ нисбати давраи селобии баҳорӣ зиёд мешавад.



Расми 6. Тақсимшавии мавсимии элементҳо дар оби дарёҳо.

Микдори Fe ва Mn бошад, дар таркиби оби дарёҳо тирамоҳ нисбати давраи селобии баҳорӣ кам аст (расми 7). Аз назари мо камшавии микдори Fe ва Mn дар

фасли тирамоҳ дар марҳилаи пастшавии об ба таъсири мутақобилаи онҳо бо модаҳои ҳалношудаи дарё асос меёбад.

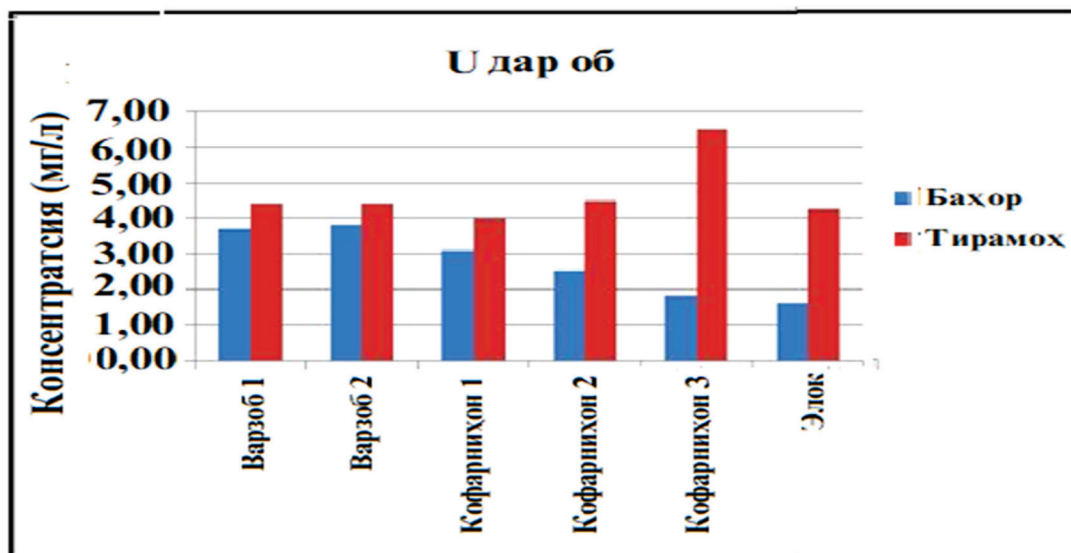


Расми 7. Тақсимшавии мавсимии элементҳо дар оби дарёҳо.

Микроэлементҳои биогенӣ ва захрнок дар таркиби оби дарё баробар тақсим нашудаанд, миқдоран аз ҳадди зарурии концентратсия хеле каманд [2]. Дар кори илмӣ мо танҳо уран, ки элементҳои асосии ҷумҳурии мо мебошад, интихоб карда шуд.

Дар расми 8 тақсими уран дар оби дарёҳои тадқиқшавандаи дар баҳору тирамоҳ гирифташуда нишон дода шудааст. Ченкунӣ нишон дод, ки концентратсияи

уран дар фасли баҳор аз 1,5 мг/л (Элок) то 3,7 мг/л (Варзоб 1) ва дар фасли тирамоҳ аз 4,0 мг/л (Кофарнихон 1) то 6,5 мг/л (Кофарнихон 3) тағйир меёбад. Диаграмма нишон медиҳад, ки миқдори U дар таркиби об дар фасли тирамоҳ меафзояд ва дар фасли баҳор кам мегардад. Барои дарёи Кофарнихон концентратсияи нисбатан зиёди U дар об поён ба маҷрои дарё, ки намунаи он моҳи тирамоҳ гирифта шуда буд, мушоҳида мешавад.



Расми 8. Тақсимшавии уран дар оби дарёҳо дар мавсими тирамоҳ ва баҳор.

Умуман, омӯзиши тағйироти мавсимии бузургҳои физикӣ-химиявии об дар дарёҳо вобастагии қавии хусусиятҳои гидрогеохимиявии ҳудуди ҳавзаҳои дарёҳо-ро аз бузургҳои чараёни обӣ нишон медиҳад.

Адабиёт

1. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. - М.: Стандартиформ, 1982. - 9с.
2. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль качества. - М.: Стандартиформ, 1982. - 10с.
3. СанПиН 2.1.4.004-07 Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. МЗ РТ. - Душанбе, 2007. - 62 с.
4. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования согласно Гигиеническим нормативам РФ (ГН 2.1.5.1315-03) [Электронный ресурс]. http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/41/41363/index.php
5. Качество воды: Состояние. Таджикистан: состояние окружающей среды. [Электронный ресурс]. <http://enrin.grida.no/htmls/tadjik/soe2/rus/indexrus.htm>
6. Hydrolab [Электронный ресурс]. http://www.hachhydromet.com/web/ott_hach.nsf/id/pa_hydrolab.html
7. Салибаева З.Н., Сезонные изменения физико-химических параметров воды в реках южных отрогов Гиссарского хребта / З.Н. Салибаева // Вестник Таджикского Национального университета, Серия естественных наук. –2015. – 1/2 (160) – С. 200-209.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ВОДЫ В ПРИТОКАХ РЕКИ КАФИРНИГАН

Боев М.Р.¹, Шоймуродов Ф.И.^{1*}, Шарифов Ф.Д.¹, Курбон Н.Б.²

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

²Таджикский национальный университет,

*Автор-корреспондент: E-mail: sh.firdavs-80@mail.ru

Аннотация. В статье ставится задача изучения изменений состава воды основных притоков бассейна реки Кофарнихон в осенний и весенний периоды. По результатам проведенных исследований определен и проанализирован состав солей, макро- и микроэлементов вод притоков бассейна. На основе наблюдений и анализов установлено, как изменяется концентрация солей и некоторых химических веществ при смене сезона (осень и весна) и какое влияние они оказывают на качество воды.

Ключевые слова: река Кофарнихон, соли, микроэлементы, качество воды, антропогенные факторы, физико-химические свойства воды, растворенные вещества.

SEASONAL CHANGES IN THE WATER COMPOSITION OF THE MAIN TRIBUTARIES OF THE KOFARNIHON RIVER BASIN

Boev M.R.¹, Shaymurodov F.I.^{1*}, Sharifov F.D.¹, Kurbon N.B.^{1,2}

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

²Tajik National University

* Corresponding author. E-mail: sh.firdavs-80@mail.ru

Abstract. The article focuses on the study of changes in the water composition of the main tributaries of the Kofarnihan River basin in the autumn and spring seasons. According to the conducted studies, the composition of salts, macro- and microelements of the waters of the tributaries of the basin was determined and analyzed. Based on observations and analyses, it was determined how the concentration of salts and some chemical substances changes with the change of season (autumn and spring) and what effect they have on water quality.

Keywords: *Kofarnihon River, salts, microelements, water quality, anthropogenic factors, physicochemical properties of water, dissolved substances*

Маълумот дар бораи муаллифон: Боев Муҳаммад Рамазонович – докторанти (PhD) Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел.: +992-554-44-98-98; E-mail: boev93@internet.ru; Шоймуродов Фирдавс Иноятovich – номзоди илмҳои техникӣ, ходими пешбари илмӣ Лабораторияи сифати об ва экологияи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел.: +992-88-888-82-20; E-mail: sh.firdavs-80@mail.ru; 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; Курбон Номвар Бойназар – номзоди илмҳои техникӣ, дотсент, мудири Лабораторияи моделкунонии захираҳои об ва равандҳои иқлими Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, дотсенти кафедраи метеорология ва климатологияи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, Тел.: +992-93-474-88-66; E-mail: knomvarb.0502@gmail.com.

Сведение об авторах: Боев Мухаммад Рамазонович – докторант (PhD) Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана, Тел.: +992-554-44-98-98; E-mail: boev93@internet.ru; Шаймуродов Фирдавс Иноятovich – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории качества воды и экологии Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана, Тел.: +992-88-888-82-20; E-mail: sh.firdavs-80@mail.ru; 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; Курбон Номвар Бойназар – кандидат технических наук, доцент, заведующий Лабораторией моделирования водных ресурсов и климатических процессов Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана, доцент кафедры метеорологии и климатологии Таджикского национального университета, Тел.: +992-93-474-88-66; E-mail: knomvarb.0502@gmail.com;

Information about the authors: Boev Muhammad Ramazonovich – PhD student of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology, NAS of Tajikistan, Phone:(+992)554449898; E-mail: boev93@internet.ru; Shaimurodov Firdavs Inoyatovich – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Water Quality and Ecology, Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology, NAS of Tajikistan, Phone:(+992)888888220; E-mail: sh.firdavs-80@mail.ru; Sharifov Firdavs Dalerovich – PhD student of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone:(+992)988052172, E-mail: firdavs.sharifov97@mail.ru; Kurbon Nomvar Boynazar – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory of Water Resources and Climate Processes Modeling, Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology, NAS of Tajikistan, Associate Professor of the Department of Meteorology and Climatology, Tajik National University, Phone:(+992)934748866; E-mail: knomvarb.0502@gmail.com.

ТУД 628.163

ОИД БА МАСЪАЛАИ НИЗОМИ МОНИТОРИНГИ СИФАТИ ОБИ НҶШОКӢ ДАР МИСОЛИ ШАҲРИ ДУШАНБЕ

Фазлиддини Н.¹, Ахмадов П.М.¹, Муродов П.Х.², Амирзода О.Х.^{1*}

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

²Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ

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

Шарҳи мухтасар. Дар мақолаи мазкур оид ба масъалаҳои ҷойдоштаи мониторинги сифати оби нӯшоқӣ ва муайян намудани имкониятҳои идоракунии фаврии назорати сифати оби нӯшоқӣ тавассути ташиқили низоми мукаммали мониторинги нишондиҳандаҳои асосии сифати об дар мисоли шаҳри Душанбе, таҳқиқотҳо гузаронида шудааст. Тавсия карда мешавад, ки дар қатори самтҳои мониторинги нишондиҳандаҳои асосии сифати оби нӯшоқӣ, инчунин мониторинги ҳолати таҳнишинҳои қарғии сарчашмаҳои об ва инициоти обтайёркунӣ, ки ба раванди минбаъдаи обтайёркунӣ бевосита таъсир мерасонанд, гузаронида шавад.

Муқаррар карда шудааст, ки натиҷаҳои таҳқиқот метавонанд барои идоракунии оқилонаи раванди обтаъминкунӣ ва таъмини аҳоли бо оби нӯшокӣ, мусоидат намояд.

Калидвожаҳо. Оби нӯшокӣ, мониторинги сифати об, сарчашмаҳои об, обҳои рӯйзаминӣ ва зеризаминӣ, таҳқиқоти ҳаҷми, консентратсияи ҳадди имконпазир.

Муқаддима

Дар аксарият ҳолатҳо сифати оби тозаи нӯшокӣ аз таркиби обҳои табиӣ ва низоми амалкунандаи обтаъминкунӣ вобаста мебошад. Одатан таркиби химиявии сифати об ба шароитҳои гидрогеологӣ ва вазъи минтақаи ташаккули объекти обӣ вобастагӣ дошта, таъсири ҳаргуна обҳои партов ва дигар омилҳои антропогенӣ низ ба тағйирёбии таркиби обҳои нақши калон мебозанд [1].

Мусаллам аст, ки критерияи муҳими об дар низоми обтаъминкунӣ чигунагии сифати оби истеъмолшуда маҳсуб меёбад. Сифати оби нӯшокӣ аз таркиби химиявӣ ва ҳосиятҳои физикию биологӣ вобастагӣ дошта, намудҳои истифодабарии обро муайян мекунад. Объектҳои обистифодабарӣ метавонанд обҳои рӯйзаминӣ ё зеризаминӣ бошанд.

Дар умум, вобаста ба мақсадҳои обистифодабарӣ, критерияҳои сифати об ташаккул меёбад, ки ба онҳо дохил мешаванд: гигиенӣ, экологӣ, иқтисодӣ, ҳоҷагии моҳидорӣ ва аз рӯи онҳо нишондиҳандаҳои мутобиқат, муқаррар карда мешавад. Барои қиёс меёри сифати об барои намуди мушаххаси обистифодабаранда бо қимати нишондиҳандаҳои сифати об назорати сифати оби истеъмолшуда гузаронида мешавад. Мутобиқат намунадан ва бузургҳои нишондиҳандаи сифати об, аз ҷумла таркиб ва ҳосияти он, сифати обро барои таъиноти гуногуни он муайян менамояд [2,3].

Мақсади таҳқиқот

Мақсади асосии таҳқиқоти мазкур аз муайян намудани имкониятҳои идоракунии ғаврии назорати сифати оби нӯшокӣ тавассути ташкили низоми мукаммали мониторинги нишондиҳандаҳои асосии сифати об дар мисоли шаҳри Душанбе, иборат мебошад.

Дар шароити шаҳри Душанбе барои таъмини сокинон бо оби тозаи нӯшокӣ Корхонаи воҳиди давлатии “Обу корези Душанбе” масъул буда, аз соли 1942 то инҷониб низоми обтаъминкунии марказонидашударо назорат ва амалӣ менамояд.

Маълум аст, ки талаботҳои асосӣ барои оби нӯшокӣ беҳатарии эпидемиологӣ, безарар будан аз рӯи таркиби моддаҳои захролудкунанда, нишондиҳандаҳои форами органолептикӣ ва барои талаботи маишӣ ҷавобгӯ будан, маҳсуб меёбад. Талабот ба ҳарорати оби нӯшокӣ бояд дар ҳудуди 7 – 11 0С қарор дошта бошад [4-5]. Дар низоми обтаъминкунии шаҳри Душанбе ҳарорати оби нӯшокии сарчашмаҳои оби зеризаминӣ низ дар ҳудуди мазкур мебошад.

Дар шароити низоми обтаъминкунии шаҳри Душанбе сарчашмаҳои оби нӯшокӣ ҳам обҳои рӯйзаминӣ, аз дарёи Варзоб тавассути канали дериватсионӣ буда, қисмати дигари шаҳр аз обҳои зеризаминии артезианӣ, аз чуқурии то 120 м буда, таркиби онҳо аз лиҳози ифлосҳои химиявӣ ва бактериологӣ нигоҳ дошта мешаванд. Аммо, масъалаи кам гаштани оби сарчашмаҳои зеризаминӣ ва зиёдшавии чуқурии ҷойгиршавии он вобаста ба боло рафтани талабот ба оби нӯшокӣ ва инчунин рушди инфрасохтори шаҳрӣ ва кам гаштани ҳаҷми полоишхӯрии табиӣ об, аллакай ба мушоҳида мерасад.

Бояд зикр намоем, ки дар байни нишондиҳандаҳои асосии сифати оби нӯшокӣ аз сарчашмаҳои рӯйзаминӣ барои шароити обтаъминкунии шаҳри Душанбе тиррагии об буда, чунин ҳолат барои сарчашмаҳои зеризаминӣ қариб, ки вучуд надорад.

Ба фаъолияти КВД “Обу корези Душанбе” масъалаи таъмини босифати оби

нӯшокӣ ба сокинони шаҳр вогузор шуда, чихати иҷрои вазифаи мазкур мукамалгардонии назорати сифати оби нӯшокӣ дар мадди аввал мебошад. Самаранокии назорати нишондиҳандаҳои сифати объектҳои мухталиф дар якҷоягӣ ба мониторинг ва усулҳои омории идоракунии сифати об вобаста аз шароитҳои иқлимӣ ва

таъсири омилҳои антропогенӣ бояд сол то сол афзун гардад [6,7].

Барои муайянкунӣ ва огоҳонидани масъалаи сифати оби нӯшокӣ дар шароити шаҳри Душанбе аз ҷониби мо тавсия мегардад, ки мониторинги сифати оби нӯшокӣ барои обтаъминкунии мутамарказ аз рӯи ҷадвали 1 ба роҳ монда шавад.

Ҷадвали 1. Таҳияи ҳадафҳои мониторинг оид ба сифати оби нӯшокӣ.

Самтҳои гузаронидани мониторинг	Натиҷаҳои мониторинг
Муайян намудани самти мониторинг →	Рӯйхати номгӯи самтҳои мониторинг
Банақшагирии мониторинги сифати оби нӯшокӣ →	Нақша, барнома, харита
Чамъоварӣ ва бақайдгирии иттилоот оид ба натиҷаҳои мониторинг →	Таҳияи санад, варақаи санҷишӣ, протокол, журнали бақайдгирӣ
Коркарди иттилооти чамъоваришуда →	Таҳияи протоколи коркарди маълумотҳо
Интиҳоби шакли пешниҳоди натиҷаҳои мониторинг →	Ҷадвалҳо, схемаҳо, графикҳо, диаграммаҳо, хуччати матни натиҷаҳои мониторинг
Тафсир ва таҳлили натиҷаҳои мониторинг →	Ҳисоботи мукаммали мониторинги сифати об
Қабули қарор оид ба натиҷаҳои мониторинг →	Қарорҳо ва тавсияҳо оид ба бехтарнамоии сифати оби нӯшокӣ ва огоҳии амалҳои андешидашуда

Мониторинги сифати оби нӯшокӣ бояд ҷода ба ҷода гузаронида шуда, дар навбати аввал ҳадафи онро муайян намуда, баъдан самтҳои мониторинг интиҳоб карда шаванд. Ҳамзамон дар ин ҷода пеш аз ҳама бояд номгӯи самтҳои мониторинг мушаххас карда шавад. Мо пешниҳод менамоем, ки мониторинги сифати об аз рӯи самтҳои зерин гузаронида шавад:

- сарчашмаҳои обтаъминкунӣ, яъне аз дарёи Варзоб ва сарчашмаҳои обҳои зеризаминӣ;
- мониторинги таҳнишинҳои қаръии дарёи Варзоб;
- пеш аз ворид шудан ба шабакаи тақсироти шаҳрӣ;
- мониторинги таҳнишинҳои қаръии ҳавзҳои танзими шабонарӯзӣ;
- пеш аз шабакаи таъминоти оби шаҳрӣ.

Дар қисмати дигар, банақшагирии мониторинг роҳандозӣ мегардад, ки муай-

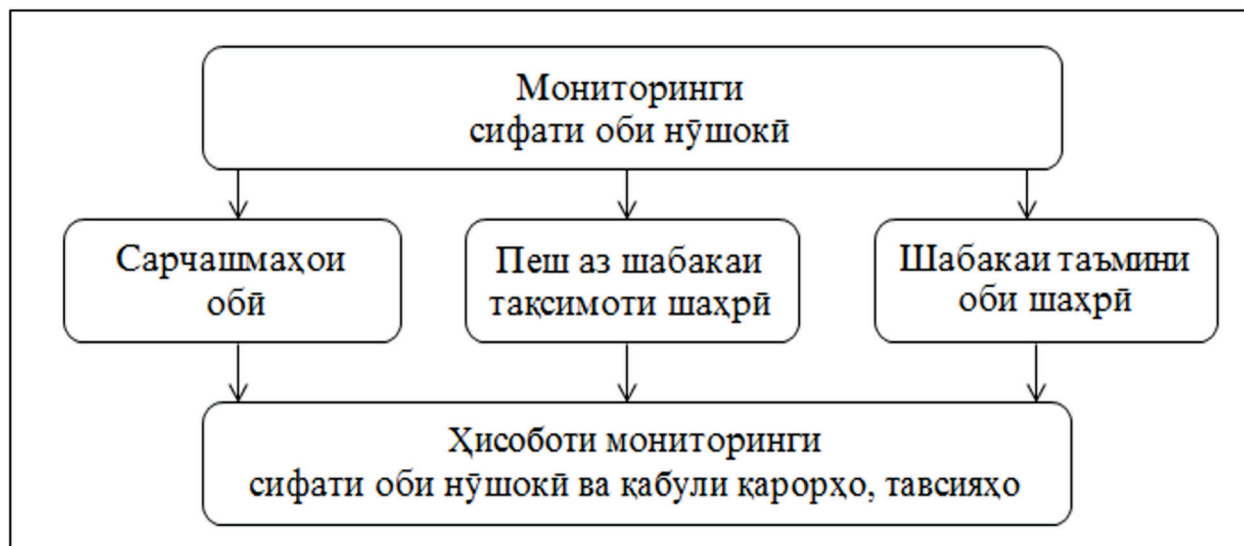
янкунии даврияти таҷрибаҳо, интиҳоби нишондиҳандаҳои сифати оби нӯшокӣ, сарчашмаҳои иттилоот, муайянкунии захираҳои зарурӣ ва масъулони гузаронидани мониторингро, фаро хоҳад гирифт. Ҳамзамон нақша, барнома ва харитаи мониторинг таҳия карда мешавад.

Эътимоднокӣ ва саҳеҳии натиҷаҳои ҷанкуни дар маркази назорати истеҳсоли оби КВД “Обу корези Душанбе” тавассути назорати иҷрои дохилиозмоишӣ ва байниозмоишӣ таъмин карда мешавад. Натиҷаи таҷрибаҳои нишондиҳандаҳои сифати оби нӯшокӣ чамъоварӣ ва бо тартиби муқарраргардида бо санадҳо ва ё протоколҳо ба қайд гирифта шуда, иттилооти ба дастовардашуда тавассути усулҳои математикӣ ва қиёсӣ коркард карда мешаванд. Тартиби ҳисобкунӣ дар протоколҳои коркарди маълумотҳо ба қайд гирифта мешавад. Натиҷаҳои мони-

торингро метавонем дар шаклҳои гуногун таҳия намоем. Барои таъмини аёнияти мониторинг мо сохтани схемаҳо, расмҳо ва диаграммаҳоро, тавсия медиҳем.

Дар асоси интерпретатсия ва таҳлили натиҷаҳои мониторинг ҳисобот оид ба мониторинг таҳия карда мешавад. Бо

дарназардошти маълумотҳои дар ҳисобот овардашуда, оид ба натиҷаҳои мониторинг қарорҳо қабул гардида, дар асоси он тавсияҳо чиҳати амалҳои саҳеҳгардонӣ ва огоҳикунанда коркард карда мешаванд (расми 1).



Расми 1. Самтҳои мониторинги сифати оби нӯшокӣ.

Дар расми 1 самтҳои пешниҳоднамудаи мониторингро барои муайянкунии масъалаҳои сифати оби нӯшокӣ истифода менамоем.

Усулҳои таҳқиқот

Дар мавриди омода намудани мақолаи мазкур ба сифати маводҳои таҳқиқотӣ натиҷаҳои таҳқиқии озмоишгоҳи назорати истеҳсоли сифати оби КВД “Обу корези Душанбе”, инчунин натиҷаҳои таҳқиқоти олимони ва дигар сарчашмаҳои дастрас аз шабакаҳои интернетӣ истифода карда шудаанд. Ҳамзамон усулҳои омӯзиши низомии маҷмӯӣ, қиёсӣ, таҳлилҳои омӯрӣ ва мукамалгардонии маълумотҳо мавриди истифода қарор дода шудаанд.

Дар ҷодаи аввали таҳқиқот дар асоси расми 1 сифати оби нӯшокӣ дар канали дериватсионӣ ҳамчун сарчашмаи обтаъминкунии шаҳри Душанбе арзёбӣ карда

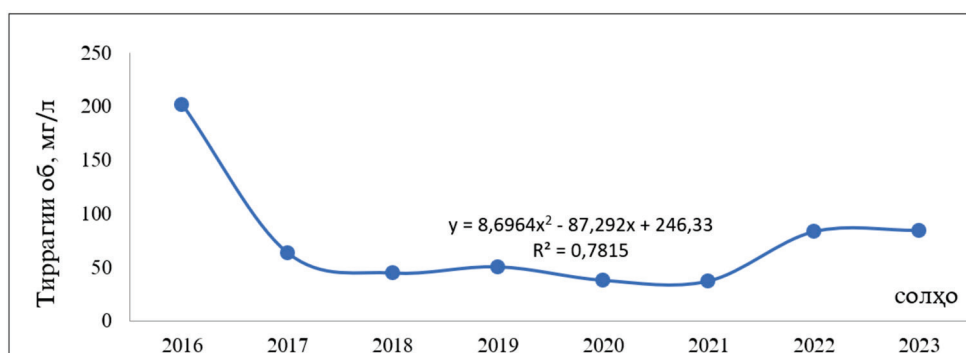
шудааст. Таҳлили сифати об дар канали дериватсионӣ давоми солҳои 2016 – 2023 гузаронида шуда, дар намунаҳо, ки ҳамаҷуз аз нуқтаҳои муҳталифи канал гирифта мешаванд, оварда шудааст.

Маълум аст, ки таркиби оби канали дериватсионӣ аз рӯи нишондиҳандаи тиррагӣ фарқияти калон дошта, қимати он барои солҳои интиҳобшуда дар ҳудуди аз 5,0 то 1466,4 мг/л баробар мебошад. Мониторинги сифати оби нӯшокӣ аз рӯи тиррагии миёнамоҳона ва миёнасоллона барои солҳои 2016-2023 вобаста ба фаслҳои сол дар канали дериватсионӣ, ҳамчун сарчашмаи оби нӯшокӣ дар ҷадвали 2 оварда шудааст.

Аз рӯи маълумотҳои коркардшуда, метавонем нишондоди миёнасоллонаи тиррагиро дар канали дериватсионӣ муайян намоем (расми 2).

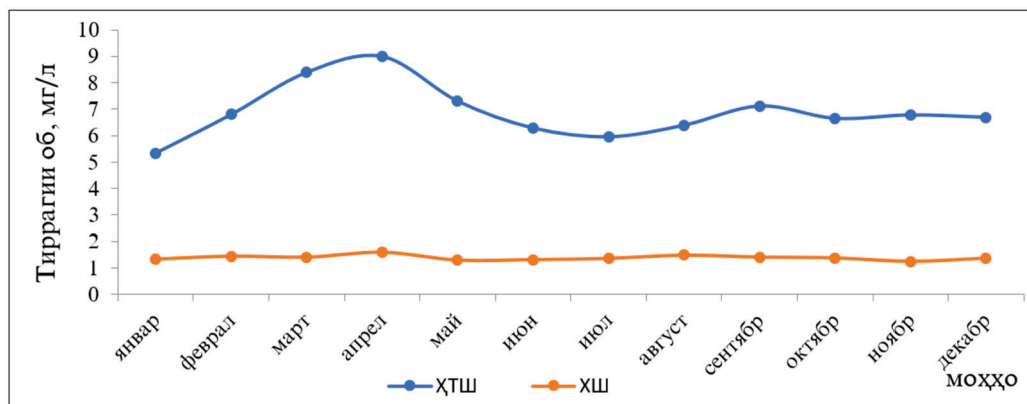
Ҷадвали 2. Нишондиҳандаҳои миёнасолони тиррагии об дар канал давоми солҳои 2016 – 2023.

Фаслҳои сол	Нишондоди тиррагӣ дар канал давоми солҳои интихобӣ, (мг/л)							
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
зимистон	42,9	5,0	19,2	8,7	5,79	5,1	38,4	15,6
	16,19	21,1	3,96	13,0	8,0	5,49	12,6	9,9
	9,4	81,4	53,9	16,7	29,8	19,1	12,5	45,3
бахор	106,1	98,6	85,5	54,7	55,1	101,0	154,7	121,4
	191	249,5	110,6	193,9	132,8	109,9	131,3	213,3
	358	163,9	101,5	75,2	119,5	85,1	319,3	89,0
тобистон	138,9	60,2	40,6	87,5	43,0	27,1	90,6	63,0
	1466,4	27,0	17,4	54,0	25,45	47,1	74,1	23,5
	10,3	121,0	15,0	10,7	14,94	19,5	30,4	270,5
тирамоҳ	11,0	26,7	22,1	8,57	7,58	15,8	12,9	75,8
	30,9	11,9	35,9	47,2	4,65	6,4	101,3	37,8
	37,5	5,3	29,6	35,0	7,1	4,56	17,7	47,5
Нишондоди миёнасолона	201,55	72,63	44,61	50,43	37,81	37,18	82,99	84,38



Расми 2. Нишондоди миёнасолони тиррагӣ дар канали дериватсионӣ.

Мониторинги сифати оби нӯшокӣ аз (ХТШ), яъне пеш аз шабакаи тақсимои рӯи тиррагии миёнамоҳона барои соли шаҳрӣ ва дар хати шабакаи таъмини оби 2023 дар ҳавзи танзими шабонарӯзӣ шаҳрӣ (ХШ) дар расми 3 оварда мешавад.



Расми 3. Нишондоди миёнамоҳонаи тиррагӣ дар ҳавзи танзими шабонарӯзӣ ва дар хати шабакаи шаҳрӣ.

Чуноне, ки аз расми 3 бармеояд, дар ҳавзи танзими шабонарӯзӣ дараҷаи тиррагии об аз ҳадди ҷоизи ғилзат (1,5 мг/л) зиёд буда, дар хати шабакаи таъмини об шахрӣ, яъне пас аз полоиш дар обполакҳои зудамали регӣ, ба талаботи меъёри оби нӯшокӣ мувофиқат мекунад.

Ҳамзамон, чуноне, ки дар самтҳои мониторинги сифати оби нӯшокӣ пешниҳод намудем, бояд мониторинги ҳолати таҳнишинҳои қаръии дарёи Варзоб ҳамчун сарчашмаи обтаъминкунӣ ва ҳавзи танзими шабонарӯзӣ гузаронида шавад. Зеро,

таҳнишинҳои қаръӣ компоненти муҳими мониторинги объектҳои об ба ҳисоб мераванд.

Вобаста ба ин, бо истифода аз усулҳои маъмули озмоишӣ аз ҷониби мо таркиби химиявии таҳнишинҳои қаръии ҳавзи танзими шабонарӯзӣ бо гирифтани намунаҳо аз якҷанд нуқтаҳои ҳавз ва коркарди намунаҳо бо кислотаи сулфат дар таҷҳизоти таҳлилгари рентгениу флюоросентӣ (РФА) гузаронида шуд. Натиҷаҳои таҳлили химиявии таҳнишинҳо дар ҷадвали 3 оварда мешавад.

Ҷадвали 3. Таркиби химиявии таҳнишинҳои қаръии ҳавзи танзими шабонарӯзӣ.

№ б.т.	Номгӯи комп.	№1, (таҳн. пеш аз коркард)	№2, (таҳн. саҳт пас аз коркард)	№3, (маҳлул пеш аз коркард)	№4, (таҳн. саҳт)	№5, (маҳлул пас аз коркард)	№6, (таҳн. ниҳой)
1	Mg, %	1,55	0,98	-	0,83	-	0,65
2	Al, %	10,6	7,97	0,79	8,67	0,59	2,33
3	Si, %	27,0	22,5	0,39	26,3	0,21	0,58
4	S, %	0,07	5,54	3,24	4,79	2,81	26,8
5	K, %	2,78	2,40	0,03	2,66	0,02	0,05
6	Ca, %	4,16	3,66	0,23	3,54	0,14	0,62
7	Ti, %	0,47	0,40	-	0,47	0,002	0,01
8	Fe, %	4,55	3,11	0,47	2,65	0,29	1,98

Барои қиёс ҳамчун нишондиҳандаи назоратии сифати об – концентратсияи массаи оҳани умумӣ (Fe, мг/дм³) ва массаи алюминийро (Al, мг/дм³) дар таҳнишинҳои қаръии ҳавзи танзими шабонарӯзӣ интихоб намудем.

Дар асоси ҳуҷҷатҳои меъёрӣ, ҳадди ҷоизи ғилзат нишондиҳандаи оҳан дар таркиби оби нӯшокӣ ба 0,3 мг/дм³ ва барои алюминий ба 0,2 мг/дм³ баробар мебошад. Дар ҳолатҳои дигар, бо қарори махсуси санитарии давлатӣ нишондиҳандаи оҳан дар таркиби оби нӯшокӣ метавонад то ҳадди 1,0 мг/дм³ иҷозат дода шавад [8-10].

Аммо барои таъмини оби нӯшокии безарар дар давоми обистифодабарии дарозмуддат критерияҳоро мо дар таҳқиқо-

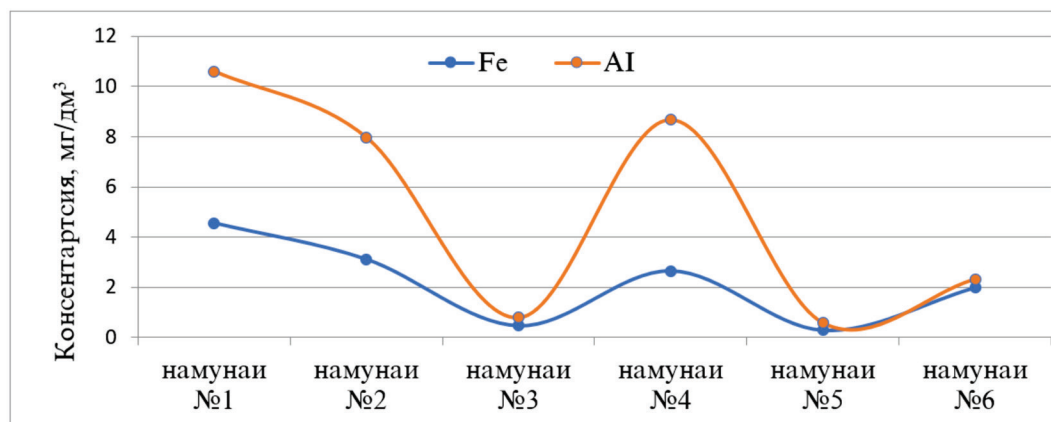
ти мазкур ҳамчун нишондоди меъёркунандаро интихоб намудем.

Чуноне ки аз ҷадвали 2 бармеояд, нишондиҳандаи оҳан дар маҳлулҳои пеш ва пас аз коркарди таҳнишинҳои қаръӣ бо кислотаи сулфат қариб, ки ба талаботи меъёри оби нӯшокӣ ҷавобгӯ мебошад. Концентратсияи массаи алюминий бошад, аз меъёри талаботи оби нӯшокӣ се ва мутаносибан чор маротиба зиёдтар мебошад. Ин аз он шаҳодат медиҳад, ки зимни такшонкунии нишондиҳандаи тиррагӣ дар ҳавзи танзими шабонарӯзӣ, ки бо маҳлули коагулянт (сулфати алюминий) сурат мегирад, миқдори массаи алюминий бештар дар таҳнишинҳо боқӣ мемонад.

Ҳарчанд тибқи маълумотҳои пойгоҳи “Даҳана” таркиби концентратсияи оҳан ва алюминий дар оби дарёи Варзоб ба талаботи меъёри оби нӯшокӣ ҷавобгӯ мебошад, вале дар таҳнишинҳои қаръӣ миқдори онҳо назаррас мебошад.

Муайян намудани массаи концентратсияи оҳани умумӣ ва алюминий дар таҳнишинҳои қаръӣ бо усули спектрофотометрӣ бо назардошти талаботи стандарти давлатӣ [10] гузаронида шудааст.

Натиҷаҳои таҳлил дар расми 4 оварда мешаванд.



Расми 4. Концентратсияи массаи оҳан ва алюминий дар намунаҳо.

Аз натиҷаҳои таҳлил бармеояд, ки миқдори концентратсияи оҳани умумӣ ва алюминий дар таҳнишинҳои қаръӣ дар намунаҳои №1, №2 ва №4, яъне пеш ва баъд аз коркарди онҳо зиёд мебошад. Ин имкон медиҳад, ки аз таҳнишинҳои қаръӣ маҳлули коагулянт барқарор карда шуда, дуҷумбора дар раванди обтаъйёркунӣ истифода карда шавад.

Хулоса

Ҳамин тариқ, пешниҳод мегардад, ки иттилооти зимни мониторинги сифати об ба даст овардашуда, барои очилан муайян намудани масъалаҳои мавҷудаи сифати об дар низоми обтаъминкунӣ ва ба танзимдарории нишондиҳандаҳои меъёрии оби нӯшокӣ мусоидат менамояд.

Ҳамзамон, мониторинги таҳнишинҳои қаръӣ сарчашмаи муҳими иттилоот барои арзёбии намудани ҳолати объектҳои об, назорати раванди ифлосшавии он, омодагӣ барои гузаронидани корҳои лоиҳақашӣ ва сохтмони иншооти гидро-техникии муҳим ҳисобида мешавад. Тавсия мегардад, ки таъмини татбиқи натиҷаҳои таҳқиқот барои идоракунии оқилонаи раванди обтаъминкунӣ ва интиқоли таъми-

ни оби босифати нӯшокиро барои аҳоли, кафолат медиҳад.

Адабиёт

1. Федорович Н.Н., Федорович А.Н., Нагерняк М.Г., Сухачева А.И. Мониторинг качества питьевой воды // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 10-15, С. 3423-3427.
2. Прохоров Н.А., Сенкевич В.Е. Проблема обеспечения населения России высококачественной питьевой водой // *Химия в интересах устойчивого развития*. – 1997, №5, с.423 – 427.
3. Ананьев В.Ю., Трунова И.Е., Жигаев Д.С. Организация мониторинга качества воды на региональном уровне // *Здоровье. Медицинская экология. Наука* 3 (46), 2011, с.4-7.
4. ГОСТ 2874-82 (ред. от май 1997) «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством» [электронный ресурс] // кодекс. [сайт]. [2019]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200038442>.
5. Методические рекомендации МР 2.1.4.0176-20 «Организация мониторинга обеспечения населения качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения».
6. Аверина Ю.М., Ветрова М.А., Рыбина Е.О. Чумакова А.А. Методы контроля качества воды // *Успехи в химии и химической технологии*. ТОМ XXXIII, 2019, № 3, с.1-4.
7. Устинкина Е.С. Оценка антропогенного воздействия на качество вод поверхностных водных объектов в районах нефтедобычи Томской области // *Вестник Томского государственного университета*.

- ственного университета. 2015, № 400, С. 420–425. DOI: 10.17223/15617793/400/63
8. Санитарные правила и нормы. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.004-07.
 9. ГН 2.1.5.689-98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. — М., 1998.
 10. Дровозова Т. И., Булгакова Л. А. Анализ методов оценки качества донных отложений // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. Т. 91, № 3, С. 369–377.
 11. ГОСТ 24104-01. Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа // Официальное издание ИПК Издательство стандартов Москва. 2001 с.

К ВОПРОСУ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ДУШАНБЕ

Фазлиддини Н.¹, Ахмадов П.М.¹, Муродов П.Х.², Амирзода О.Х.^{1*}

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

²Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

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

Аннотация. В данной статье исследованы существующие вопросы мониторинга качества питьевой воды и определение возможности оперативного управления контролем качества питьевой воды с помощью организации усовершенствованной системы мониторинга основных показателей качества воды на примере города Душанбе. Рекомендуется, что наряду с существующими направлениями мониторинга основных показателей качества питьевой воды, также одновременно провести мониторинг состояния донных отложений источников водоснабжения и очистных сооружений, которые влияют на дальнейший процесс водоподготовки. Установлено, что результаты исследования могут способствовать рациональному управлению процессом водоснабжения и обеспечения населению чистой питьевой водой.

Ключевые слова. Питьевая вода, мониторинг качества воды, источники воды, поверхностные и подземные воды, донные отложения, предельно-допустимая концентрация.

ON THE ISSUE OF DRINKING WATER QUALITY MONITORING SYSTEM ON THE EXAMPLE OF DUSHANBE CITY

Fazliddini N.¹, Ahmadov P.M.¹, Murodov P.Kh.², Amirzoda O.H.^{1*}

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

²Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi

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

Abstract. This article examines existing issues in drinking water quality monitoring and explores the possibility of real-time quality control through the establishment of an improved monitoring system for key water quality indicators based on example of Dushanbe city. It is recommended that, in addition to the current monitoring approaches for major drinking water quality parameters, simultaneous monitoring of the condition of bottom sediments in water supply sources and treatment facilities be conducted, as these factors influence subsequent water treatment processes. It has been established that the research findings may contribute to the efficient management of the water supply process and the provision of clean drinking water to the population.

Keywords: Drinking water, water quality monitoring, water sources, surface and groundwater, bottom sediments, maximum allowable concentration.

Маълумот дар бораи муаллифони: Фазлиддини Неъматулло, унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел.: (+992)988919200; Аҳмадов Пайрав Мирзоназарович - унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, E-mail: p.ahmadov.94@gmail.com; Муродов Парвиз Худойдодович, номзади илмҳои техникӣ, муаллими калони Донишгоҳи техникӣ Тоҷикистон ба номи акад. М.С.Осимӣ. Тел.: (+992)905939346, E-mail: murodov.8686@mail.ru; Амирзода Ориф Хамид, доктори илмҳои техникӣ, дотсент, Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел.: (+992)987387272, E-mail: orif2000@mail.ru

Сведения об авторах: Фазлиддини Неъматулло, соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальная академия наук Таджикистана, Тел.: (+992)988919200; Ахмадов Пайрав Мирзоназарович - соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии, Национальная академия наук Таджикистана, E-mail: p.ahmadov.94@gmail.com; Муродов Парвиз Худойдодович, кандидат технических наук, старший преподаватель Таджикский технический университет им.акад М.С. Осими, Тел.: (+992)905939346, E-mail: murodov.8686@mail.ru; Амирзода Ориф Хамид, доктор технических наук, доцент, Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. Тел.: (+992)987387272, E-mail: orif2000@mail.ru

Information about authors: Fazliddini Nematullo, graduate student of the Institute of water problems, hydropower and ecology, of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone:(+992)988919200; Ahmadov Payrav Mirzonazarovich - scientific applicant of the Institute of water problems, hydropower and ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Phone:(+992)987601762, E-mail: p.ahmadov.94@gmail.com; Murodov Parviz Khudoidodovich, Candidate of Technical Sciences, Senior Teacher of the Tajik Technical University named after acad. M.S.Osimi, Phone:(+992)905939346, E-mail: murodov.8686@mail.ru; Amirzoda Orif Hamid – Institute of water problems, hydropower and ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Doctor of Technical Sciences, Dotsent, Phone:(+992) 93 728 7272, E-mail: orif2000@mail.ru

УДК 502/504

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ И ВЛИЯНИЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ЗЕРАВШАНСКОГО ГОРНОРУДНОГО РЕГИОНА

Махмадалиев А.Г.^{1,*}, Хакдод М.М.²

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

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

*Автор-корреспондент. E-mail: m.e. abdualom@ mail.ru

Аннотация. Геологоразведочные и добычные работы, оказывают негативное воздействие на экологию региона и в будущем этот процесс может увеличиться из-за возрастающих объемов и масштабов данных работ. Негативное, влияние данных работ наблюдается в том числе на деятельность ледников, так как большинство объектов работ, расположены высоко в горах очень близко к зонам формирования ледников. Исследование состояния экологической изученности и оценка негативного влияния работ по недропользованию на различные элементы природы (почву, природные воды, ледники и т.д.) на сегодняшний день является одной из актуальных задач. В статье дается анализ экологического состояния долины реки Зеравшан и влияние недропользования на ее окружающую природную среду.

Ключевые слова: экологическая безопасность, окружающая среда, геологоразведочные работы, месторождения, добыча полезных ископаемых, гидрологический режим, ледники, деградация.

Введение

Развитие экономики и ускоренная индустриализация неразрывно связано с использованием природных ресурсов и

в первую очередь разработки полезных ископаемых. Минеральное сырье, добываемое из недр, является основой народного хозяйства, используется человеком

с древних времен и потребность в нем ежегодно возрастает. В будущем мировая экономика еще больше будет зависеть от полезных ископаемых, особенно производство критических металлов.

По мере роста экономики нашей республики возрастает спрос на минеральные ресурсы и для удовлетворения потребностей экономики, необходимо ежегодно увеличивать объемы геологоразведочных и добычных работ.

В последние годы резко возросло число объектов недропользования в Зеравшанской долине, которая является одним

из крупных горнорудных регионов республики. Здесь сосредоточены огромные запасы разнообразных комплексов полезных ископаемых. Начиная, главным образом, с 30-х годов XX столетия, в ходе систематических и планомерных геолого-съемочных, геолого-поисковых и геолого-разведочных работ выявлено большое число месторождений и проявлений металлических и неметаллических твердых, гидро-минеральных и горючих (твердых) полезных ископаемых по более чем сорока их видам (табл. 1).

Таблица 1. Состояние геологической изученности рудных минеральных объектов Зеравшанского горнорудного региона по геолого-экономическим районам.

Геолого-экономические районы	Число рудных объектов	Состояние изученности		Детально разведаны
		Практически неизучены	Различной степени изученности	
Педжикентский	242	75	143	24
Айнинский	136	19	107	10
Кухистони Мастчох	57	10	45	2
Итого по региону	435	104	295	36

Представляется, что приведенные цифры являются достаточно веским показателем рудонасыщенности Зеравшанского горнорудного региона [1].

Как видно из анализа материалов, Зеравшанский горнорудный регион является перспективным с точки зрения обнаружения еще большего числа месторождений полезных ископаемых, следовательно, объемы и масштабы работ по геологическому изучению региона будут возрастать.

Однако, рост масштабов работ по недропользованию в свою очередь приводит к появлению новых, негативных факторов, влияние которых становится

опасным на природную среду. При несоблюдении на должном уровне природоохранных мероприятий, деятельность горнорудных предприятий может привести к еще большему загрязнению природной среды региона.

Геологоразведочные и добычные работы в настоящее время ведутся, на проявлениях и месторождениях указанных на карте (рис. 1): Джилау (1), Олимпийское (2), Хирсхона (3), Тарор (4), Джижикрут(5), Канчоч (6), Скальное (7), Чулбои(8), Верхний Кумарг (9), Восточная Дуоба (10), Чоре (11), Укобхона (12), Пиндар (13), Фан-Ягноб (14), Гузн (15) и др.

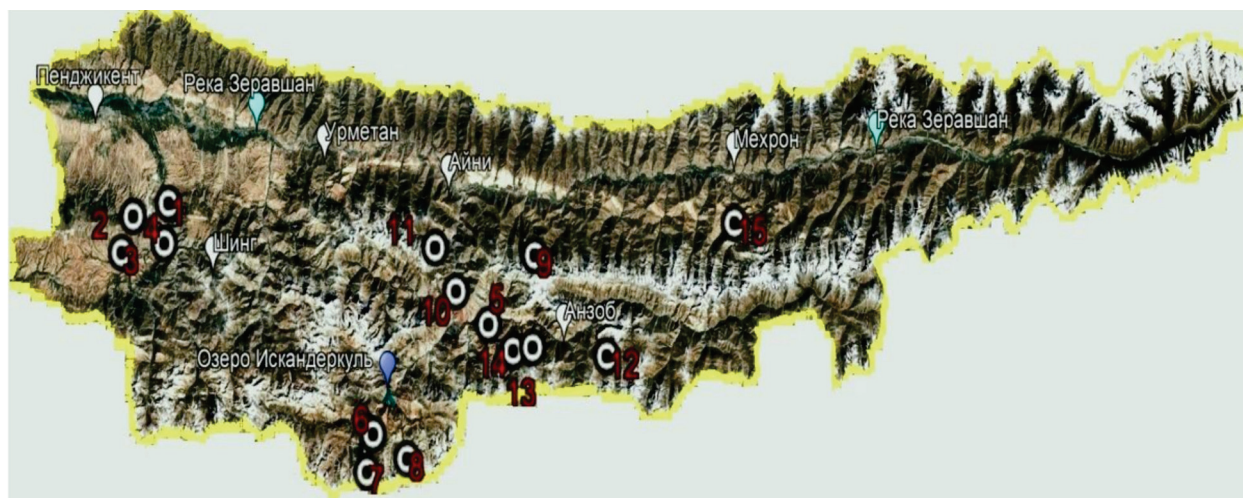


Рисунок 1. Карта расположения объектов недропользования Зеравшанского горнорудного региона по состоянию на 01.01.2025 года.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования для оценки экологического состояния окружающей среды, служат различные элементы природы, поверхностные и подземные воды, почва, ледники и др. находящиеся в непосредственной близости от участка производства геологоразведочных и добычных работ.

Анализ материалов ранее выполненных работ показал, что вопросами изучения экологии Зеравшанской долины в разное время занимались различные организации и ученые. Экологическое состояние этого региона тесно связано с качеством природных вод, о чем свидетельствуют показатели водных ресурсов и связанных с ними процессов.

Состояние реки Зеравшан, её притоков их гидрологический режим является отражением здоровья всей экосистемы долины так как вода является одним из важных компонентов природы и наиболее чутко реагирует на изменения природных процессов, которые происходят под влиянием естественной цикличности и антропогенной деятельности. Река Зеравшан главная водная артерия долины, берет свое начало в горах, окружающих Зеравшанский ледник. Примерно в 20 км от конца одноименного ледника река по-

степенно врезается в дно долины, образуя многочисленные террасы. Приближаясь к городу Пенджикенту, река входит в котловину, расширяется и приобретает широкую пойму.

Такие крупные речные бассейны различаются высотой водосборов, степенью оледенения, неоднородной доступностью влагонесущих воздушных масс и как следствие, неравномерным увлажнением, а также различным развитием речной сети, неоднородными условиями питания и формирования стока [2]. Зеравшан по условиям питания относится к ледниково-снеговому типу рек. Реки, питающиеся от ледников и снежников, характеризуются устойчивостью весенне-летнего половодного периода, поэтому мониторинг ледниковых и снежных ресурсов в контексте изменения климата может служить для изучения сезонных и межгодовых режимов стока речных бассейнов. В этой связи, изучение, оценка водности, влияние изменения метеопараметров и климатических факторов на гидрологический режим реки Зеравшан имеет жизненно важное значение, как для Таджикистана, так и для стран низовья [3,4,5].

Анализ результатов исследования

Известно, что гидрологический цикл воды действует непрерывно и взаимосвя-

зан с круговоротом воды на Земле, который происходит одновременно вследствие работы сложного природно-техносферного механизма: а) под влиянием солнечной энергии; б) силы тяжести в) инженерной и хозяйственной деятельности человека [6].

Для более детальной обработки и анализа метеопараметров с гидрологическим режимом рек в зимний период, период ранней весны и вегетационный период в Республике Таджикистан был выполнен

большой объем исследований, с использованием архивных данных и гидрометеорологических бюллетеней Агентства по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан за 2018-2021 годы [7].

Информация по изменению гидро- и метеопараметров бассейна реки Зеравшан за 2018-2021 года приведена на рис. 2.

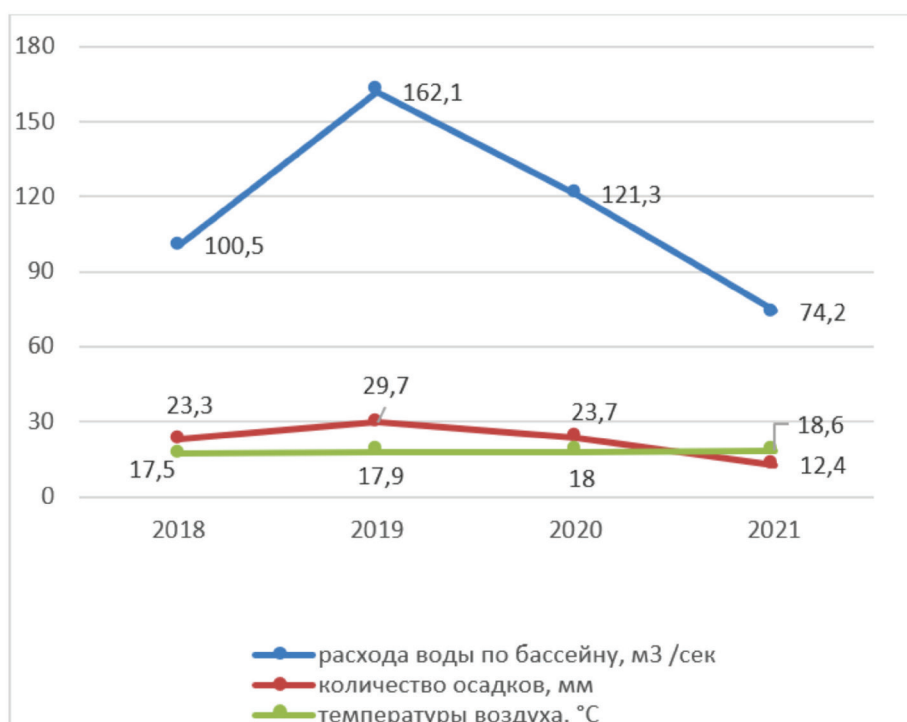


Рисунок 2. Изменение среднегодовых значений гидрометеопараметров бассейна реки Зеравшан.

Как следует из рис. 2 среднегодовые значения температуры воздуха, количество осадков и расхода воды по бассейну имеют как отрицательный, так и положительный тренд.

Анализ исследуемых параметров отчетливо показывает, что по бассейну реки Зеравшан сложилась тенденция увеличения температуры воздуха, а среднегодовые значения количества осадков и расхода воды приобретает отрицательный тренд, усредненное, среднемесячное значение расхода воды за весь период исследований уменьшился на 13 %.

Согласно наблюдениям, за 1982-92 годы среднегодовой расход воды Зеравшана на посту Худгиф (выше, этого водомерного поста площадь оледенения Зеравшана составляет 25% от площади бассейна) также уменьшился с 36,8 до 29,8 м³/сек, т.е. на 20%. При этом заметных изменений в режиме осадков не наблюдалось, и средняя температура воздуха в период абляции повысилась на 0,9°C (с 13,2°C до 14,1°C). Специалисты САНИГМИ посчитали это доказательством влияния уменьшения площади оледенения на

сток, хотя с такими выводами были согласны не все [8].

По наблюдениям специалистов на формирование гидрологического и гидрохимического режимов реки Зеравшан также большое влияние оказывает, орошаемое земледелие. Химический состав воды реки Зеравшан в последние годы определялся на восьми створах [9,10]. На створе у гидропоста Раватходжа (нижний бьеф плотины «Первое мая») минерализация воды в течение года изменялась от 0,21 до 0,36 г/л, состав воды сульфатно-гидрокарбонатный-натриево-кальциевый.

Установлено, что наибольший уровень загрязнения был отмечен в 1984-1995 гг. Согласно [10,11] проведенным расчетам, с орошаемой зоны в реку Зеравшан, сбрасывается до 2,0-2,5 км³/год коллекторно-дренажных вод, что приводит к увеличению минерализации речных вод и ухудшению их химического состава.

Река Зеравшан является горной и изменения ее химического состава, минерализация притоков и самой реки тесно связано со слагающими по бортам горными породами. Известно, [12] что процесс выщелачивания горных пород и почв начинается с вымывания легкорастворимых солей таких как хлориды магния и натрия, затем труднорастворимые сульфаты магния и натрия и, наконец, карбонаты кальция и магния; оксиды кремния, железа и алюминия вымываются последними из состава почв.

При разработке рудных месторождений региона, оказывается воздействие практически на все компоненты окружающей среды. Результатом такого воздействия является загрязнение атмосферы, подземных, поверхностных вод и почвенного покрова.

На сегодняшний день крупными, горнодобывающими компаниями, потенциальными загрязнителями окружающей среды в Зеравшанской долине являются отечественные и совместные предприя-

тия «Зеравшан», «Анзоб», «Талкоголд», «ТВЕА Душанбе горнопромышленная компания», «Талко ресурс», «Пахндара майнинг» и др.

Совместное предприятие «Зеравшан». Образовано на базе Таджикского золоторудного комбината, владельцем предприятия является китайская компания «Zijin Mining Group Co. Ltd». Сырьевой базой для предприятия служат золоторудные месторождения Джилау, Тарор, Хирсхона и Олимпийское.

Рудные тела этих месторождений состоят из упорных, сульфидных золотосодержащих руд. В настоящее время руды перерабатываются по технологии биовскрытия сульфидов. Отработка производится, по схеме флотация и дальнейшее цианирование хвостов флотации. Получают сульфидный концентрат, который подвергается биовыщелачиванию. Технология с биовскрытием сульфидных руд позволяет окислять сульфидные минералы до сульфатов и высвобождать от них золото.

После окисления освободившееся золото подвергается еще выщелачиванию различными реагентами. Технологический процесс совмещения биовскрытия руд и применения цианирования создает дополнительные риски с точки зрения влияния на экологию и считается нелогичным, так как ассортимент токсических веществ увеличивается в два раза [13].

Применение таких реагентов как серная кислота негативно влияет на окружающую природную среду и может привести к образованию кислотных дождей, тем самым нанося вред почве, растительности и водным ресурсам. Также необходимо тщательно изучить каким образом, влияют на окружающую среду вредные компоненты, содержащиеся в бишламе - концентрате.

Совместное предприятие «Анзоб». Таджикско-Американское общество с ограниченной ответственностью «СП

«Анзоб» производит сурьмяно-ртутный концентрат из руд месторождения Джижикрут. Сурьмяно-ртутная минерализация распределена внутри горизонтов брекчий и отличается крайне прерывистым и неравномерным характером.

Всего на месторождении выделено более десяти участков и рудных выходов. Однако, промышленное значение имеют лишь несколько из них. Значительные запасы месторождения (более 90%) сосредоточены на участке Центральный, который является основным объектом разведки и эксплуатации.

Экологический мониторинг, который является важной составной частью мероприятий по охране окружающей среды, в зоне влияния предприятия проводился более пятнадцати лет тому назад.

Месторождение Джижикрут находится в нижней части бассейна одноименной реки на правом борту долины. Водосборная площадь реки составляет около 112 км². Основное питание река Джижикрут получает за счет дождевых и талых снеговых вод. В речной воде обнаружено повышенное содержание сурьмы, ртути, меди, мышьяка и шестивалентного хрома.

Техническое водоснабжение подземного рудника производится из р. Джижикрут, вода используется при бурении скважин, при горнопроходческих работах (бурение шпуров), для орошения и пылеподавления в процессе погрузки и разгрузки руды, для противопожарной системы безопасности и системы охлаждения компрессорной станции.

Водоснабжение технологического процесса обогащательной фабрики также производится из р. Джижикрут. Вода из реки поступает в емкость расположенную на промплощадке и самотеком поступает на обогащательную фабрику, где используется для орошения руды поступающей на дробильный участок, в процессе из-

мельчения руды шаровыми мельницами, при флотации измельченной руды и смыва пенного продукта флотации в сгуститель и для перекачки хвостов на хвостохранилище.

Формирование подземных вод в районе месторождения, обусловлено своеобразными природными условиями срединной части высокогорной области, прежде всего глубокой и резкой расчлененностью рельефа и ярко выраженной климатической зональностью. Главными элементами питания подземных вод являются талые воды сезонного и многолетнего снегового покрова и дождевые осадки. Повышенное обводнение характерно в зонах интенсивного тектонического дробления и в областях развития карбонатных пород повышенной проницаемости.

На горизонте рудоносных брекчий Центрального участка вдоль тектонических нарушений отмечаются ослабленные зоны повышенной трещиноватости и дробления, где подземные воды интенсивно дренируют. Ожидаемые водопотоки на этом горизонте составляют до 10 м³/ час.

По условиям циркуляции и литологическому составу водовмещающих пород на территории месторождения выделено два водоносных комплекса.

Воды первого водоносного комплекса по химсоставу являются сульфатными, магниево-кальциевыми (таблица 2).

Воды второго водоносного комплекса по химсоставу гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-магниевого (таблица 3).

Характеристика подземных вод базируется на основании полученных данных при геологическом изучении месторождения, т.е. несколько десятилетий назад. Мониторинг экологического состояния подземных вод в зоне влияния предприятия за последние годы не проводился и проведение этих мероприятий, в ближайшее время не предусматривается.

Таблица 2. Характеристика первого водоносного комплекса.

№п/п	Состав воды	Предельные значения параметров
1	Минерализация вод, г/л	от 1,3 до 4,1
2	РН воды	6,6-7,5
3	Жесткость общая, мг-экв/л	4,4-63,6
4	Жесткость карбонатная, мг-экв/л	2,4-7,2
5	Содержание иона NO ₃ мг/л	105
6	Содержание иона NO ₂ мг/л	70
7	Содержание иона NH ₄ мг/л	3,4
8	Суммарное содержание тяжелых металлов в воде, мг/л	0,212-2,005

Таблица 3. Характеристика второго водоносного комплекса.

№п/п	Состав воды	Предельные значения параметров
1	Минерализация вод, г/л	от 0,2 до 1,6
2	РН воды	7,1-8,4
3	Жесткость общая, мг-экв/л	1,2-18,4
4	Жесткость карбонатная, мг-экв/л	1,2-5,6
5	Суммарное содержание тяжелых металлов в воде, мг/л	0,032-5,824

Техногенное воздействие на почву и земельные ресурсы происходит на участках накопителей отходов. Обогащение руд осуществляется флотационным способом с предварительной подготовкой руды.

При флотации используются различные реагенты, ниже приводятся некоторые характеристики этих реагентов и отрицательное воздействие их на окружающую среду и здоровье людей (таблица 4).

Таблица 4. Химические реагенты, используемые при флотации руд.

№п/п	Наименование реагента	Применение	Вредное воздействие
1	Нитрат свинца, Pb(NO ₃) ₂ ,	Улучшение процесса выщелачивания	Очень вредное и токсическое вещество, вызывает рак почек и повреждения плода у женщин.
2	Метил изобутил карбинол (MIBC)	Используется в качестве отличного вспенивателя	Загрязняет атмосферу и водные объекты
3	Изобутиловый ксантогенат натрия (SIBX)	Собирает сульфидных руд, отделение полезных минералов от руды	Безопасное применение до конца не изучены

Применение вышеперечисленных химических реагентов в больших количествах наносит колоссальный урон окружающей среде и здоровью населения региона.

Утилизация отходов флотации осуществляется в гидравлическом хвостохра-

нилище, в которое хвосты процесса обогащения руд и вмещающей породы перекачиваются по трубопроводу. Основными составляющими химсостава хвостов являются двуокись кремния, окиси кальция, магния, калия, трехокси алюминия и серы. Основные, попутные и

вредные компоненты хвостов состоят из сурьмы, ртути, золота, серебра, таллия, селена, теллура и мышьяка. Хвостохранилище, представляет, из себя, капитальный пруд-отстойник, созданный путем перегораживания каменно-набросной плотины устьевой части ущелья Габеруд. Высота плотины хвостохранилища составляет 50 метров. На сегодняшний день в этом сооружении уже накопилось около 2 млн. м³ отходов и она представляет большую опасность для окружающей среды в случае прорыва дамбы.

Таким образом на основании доступных и опубликованных материалов при обобщении и обработке данных ранее выполненных исследовательских работ по экологии региона, анализе перспектив геологоразведочных работ, изменения гидрологического режима реки Зеравшан в зависимости от колебания температуры и выпадения осадков, выполненных за последние годы и определения качества природных вод, а также рассмотрения деятельности некоторых горнодобывающих предприятий было выявлено, что имеет место техногенное воздействие на экологическую обстановку региона.

Выводы

1. Проведенный анализ материалов показывает, что имеют место пространственно-временные факторы и закономерности техногенного и природного характера, которые сформировали определенные экологические риски в процессе недропользования на территории Зеравшанского горнорудного региона.

2. Установлено что, увеличение масштабов и объемов работ по освоению недр региона сопряжена с проявлением негативных факторов, влияющих на состояние окружающей среды и в целом на экологию региона, требующих проведения комплексных исследований для прогнозирования и оценки развития этих рисков в непосредственной близости горнодобывающих предприятий.

3. С учетом вышеизложенного для минимизации воздействия и предотвращения негативных последствий геологоразведочных и эксплуатационных работ, защиты от угроз техногенного и природного характера, предлагается усилить надзорные работы уполномоченных органов государственной власти за соблюдением природоохранных мероприятий, предусмотренных проектами строительства и эксплуатации объектов и принятие дополнительных мер, направленных на оздоровление ситуации и охране окружающей среды региона.

Литература

1. Азим Иброхим, Мамадвафоев М.М и др. Зеравшанский горнорудный регион Таджикистана: геология и минеральные ресурсы. – М.: Издательский дом «Руда и Металлы», 2012, с.23.
2. Каюмов А.К., Салимов Т.О. Изменения климата и водные ресурсы Таджикистана. Издательство «Ирфон», – Душанбе, 2013, с.168.
3. Кобулиев З.В. Мониторинг состояния ледников Таджикистана с учетом изменения климата. Душанбе, 2017, с.21.
4. Мухаббатова Х., Яблоков А. Снежный покров Таджикистана - Третье национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. 2014, с.20.
5. Третье национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Душанбе, 2008, с. 84-90.
6. Кодиров А.С. “Закономерности трансформации гидрообъектами водных ресурсов Таджикистана в условиях изменения климата”, Автореф. док. диссертации, Душанбе, 2024, с.12.
7. Каюмов А.К., Шомахмадов А.М., Сафаров М.Т. Изучение связи метеопараметров в бассейнах основных рек Таджикистана за период зимы и ранней весны 2017-2022 гг. Журнал “Водные ресурсы, энергетика и экология” № 4(3), Душанбе, 2024., с. 44-60.
8. Отчет “Ледники Таджикистана” Министерство охраны природы, Душанбе, 2003., с.26.
9. Чембарисов Э.И., Шодиев С.Р. Гидрохимическая характеристика речных вод юго-западного Узбекистана // Проблемы освоения пустынь, 2010 - №1-2, с.48-50.
10. Чембарисов Э.И., Шамсиев Ф.К. Управление качеством водных ресурсов Центральной Азии

- в экстремальных условиях, 2012 // URL: <http://rudos.exdat.com/docs2/index-584582.html>.
11. Курбонов Н. Б., Фрумин Г. Т. Монография, Формирование состава водных ресурсов бассейна р. Зеравшан, Lap Lambert Academic publisher, 2021., с.74-75.
 12. Абдушукуров Д., Кобулиев З.В., Салибаева З.Н., Гидрогеохимия основных рек Таджикистана // Матер. межд. научно-практ. конф. посвящен. подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». - Алматы, 2016. - Книга 1, с.200-205.
 13. Новиков О.Н., Новицкая Л.А. «Как штурмуют упорные руды золота» <http://ecoalfa.ru>.

ТАҲЛИЛИ ВАЗЪИЯТИ ЭКОЛОГӢ ВА ТАЪСИРИ ИКТИШОФИ ГЕОЛОГӢ ВА ИСТИХРОҶӢ БА МУҲИТИ ЗИСТИ МИНТАҚАИ КУҲИМАӢДАНИИ ЗАРАФШОН

Махмадалиев А.Г.^{1*}, Ҳақдод М.М.²

¹МДИ “Маркази омузиши пирахҳо”-и Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон.

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

*Муаллифи масъул: E-mail: m.e.abdusalom@mail.ru

Шарҳи мухтасар. Корҳои иктишофи геологӣ ва истихроҷӣ ба экологияи минтақа таъсири манфӣ расонида дар оянда ин раванд бинобар зиёд гаитани ҳаҷм ва миқёси ин корҳо беиштар мегардад. Таъсиргузори манфии ин корҳо аз ҷумла ба фаъолияти пирахҳо мушоҳида мешавад, зеро аксари объектҳои корӣ дар баландкӯҳҳо, яъне бисёр наздик ба қитъаҳои ташаккули пирахҳо, ҷойгир мебошанд. Таҳқиқи ҳолати омузиши экологӣ ва арзёбии таъсири манфии истифодабарии қабри замин ба унсурҳои гуногуни табиӣ (ҳок, обҳои табиӣ, пирахҳо ва ғ.) масъалаи актуалии рӯз ба ҳисоб меравад. Дар мақола таҳлили ҳолати экологии водии дарёи Зарафшон ва таъсири истифодабарии қабри замин ба муҳити зисти табиӣ он оварда шудааст.

Калидвожаҳо: бехатарии экологӣ, муҳити зист, корҳои иктишофи геологӣ, кон, истихроҷи кандамиҳои фойданок, речани гидрологӣ, пирах, таназзулбӣ.

ANALYSIS OF THE ECOLOGICAL SITUATION AND THE IMPACT OF SUBSOIL MANAGEMENT ON THE ENVIRONMENT OF THE ZERAFSHAN MINING REGION

Makhmadaliev A.G.^{1*}, Haqdod M.M.²

¹State Scientific Institution "Glacier Study Center" of the National Academy of Sciences of Tajikistan

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

*Corresponding author: E-mail: m.e.abdusalom@mail.ru

Abstract. Geological exploration and mining have a negative impact on the ecology of the region and in the future this process may increase due to the increasing volume and scale of these activities. The negative impact of these works is observed, among other things, on the activity of glaciers, since most of the work sites are located high in the mountains very close to the zones of glacier formation. Today, the study of the state of environmental awareness and the assessment of the negative impact of subsurface use on various elements of nature (soil, natural waters, glaciers, etc.) is one of the urgent tasks. The article provides an analysis of the ecological state of the Zerafshan river valley and the impact of subsurface use on its environment.

Keywords: environmental safety, environment, geological exploration, deposits, mining, hydrological regime, glaciers, degradation

Маълумот онд ба муаллифон. Махмадалиев Абдусалом Ғуломович – номзади илмҳои геология-минералогия, сарҳодими илми озмоишгоҳи МДИ “Маркази омузиши пирахҳо”-и Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. E-mail: m.e.abdusalom@mail.ru. Ҳақдод Маҳмадшариф Маҳмуд – доктори илмҳои тех-

никӣ, профессор, мушовири илмӣи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. E-mail: mkhakhodov@mail.ru.

Сведения об авторах. Махмадалиев Абдусалом Гуломович – кандидат геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории ГНУ «Центр изучения ледников» *Национальной академии наук Таджикистана*

. E-mail: m.e. abdualom@mail.ru., Хакдод Махмадшариф Махмуд – доктор технических наук, профессор, научный консультант Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии *Национальной академии наук Таджикистана*. E-mail: mkhakhodov@mail.ru.

Information about the authors. Mahmadaliev Abdusalom Ghulomovich- candidate of geological and mineralogical sciences, senior researcher of the state scientific institution «Centr for research of glaciers» of the National Academy of Sciences of Tajikistan. E-mail: m.e. abdualom@mail.ru., Haqdod Mahmadsarif Mahmud – doctor of technical sciences, professor, senior researcher of the Institute of water problems, hydropower and ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. E-mail: mkhakhodov@mail.ru.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ
Научного журнала «Водные ресурсы, энергетика и экология»
Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии
Национальной академии наук Таджикистана

Научные статьи, представленные для публикации в журнале, должны соответствовать следующим требованиям: а) научная статья должна быть подготовлена в соответствии с требованиями, установленными журналом; б) статья должна быть результатом научных исследований; в) тема статьи должна соответствовать одному из научных направлений журнала.

Статьи, в тексте которых использованы материалы других авторов без цитирования, не будут переданы на дальнейшее рассмотрение и такие статьи не будут допущены к публикации в журнале.

Требования к оформлению научных статей:

Текст статьи должен быть подготовлен в формате Microsoft Word, шрифтом Times New Roman для русского и английского текста и Times New Roman Tj для таджикского текста, кегль 14, поля 2,5 см со всех сторон, интервал 1,5 мм.

Формулы, символы и буквенные обозначения величин должны быть набраны в редакторе формул Microsoft Equation или Math Type (шрифт 12). Нумеруются лишь те формулы, на которые имеются ссылки.

Таблицы, схемы, диаграммы и рисунки нужно сгруппировать и пронумеровать, а также, они должны иметь название.

Объем статьи (включая аннотацию и список литературы) должен быть в пределах от 10 до 15 страниц в формате А4.

Статья должна иметь следующую структуру:

1. Индекс УДК на статью;
2. Название статьи;
3. Фамилия и инициалы автора (пример: Курбон Н.Б.);
4. Название организации, в которой работает автор (ы) статьи, почтовый адрес организации, город, страна;
5. Основной текст статьи;
6. Список использованной литературы (не менее 10 и не более 25 наименований научной литературы);
7. Название статьи, аннотация и ключевые слова на трех языках: таджикском, русском и английском;
8. Аннотация оформляется в объеме не менее 5-7 строк, ключевые слова от 5 до 10 слов или словосочетаний;
9. В конце статьи на трех языках (таджикском, русском и английском) сведения об авторе (ах) в следующем порядке: ФИО автора (ов) полностью, ученая степень и ученое звание (если имеются), название организации, в которой работает автор (ы), должность, телефон, e-mail.

При цитировании конкретного материала ссылки указываются в квадратных скобках []. Образец: [7], т.е., литература.

За достоверность материалов ответственность несет автор (ы).

RULES FOR THE AUTHORS
of the Scientific Journal “Water Resources, Energy and Ecology”
of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology
of the National Academy of Sciences of Tajikistan

Scientific articles submitted for publication in the journal must meet the following requirements: a) the scientific article must be prepared in accordance with the requirements established by the journal; b) the article must be the result of scientific research; c) the topic of the article must correspond to one of the scientific directions of the journal.

Articles in the text of which materials of other authors are used without citation will not be submitted for further consideration and such articles will not be allowed for publication in the journal.

Requirements for the design of the scientific articles:

The text of the article should be prepared in Microsoft Word format, in Times New Roman font for Russian and English text and Times New Roman Tj for Tajik text, size – 14, fields – 2.5 cm from all directions, interval – 1.5.

Formulas, symbols and letter designations of quantities must be typed in the formula editor Microsoft Equation or Math Type (font 12). Only those formulas to which there are references are numbered.

Tables, diagrams, diagrams and figures must be grouped and numbered, and also, they must have a name.

The volume of the article (including annotation and bibliography) should be in the range of 10 to 15 pages of A4 format.

The article should have the following structure:

1. UDC index per article;
 2. Title of the article;
 3. Surname and initials of the author (example: Kurbon N.B.);
 4. The name of the organization in which the author (s) of the article works, the postal address of the organization, city, country;
 5. The main text of the article;
 6. List of used literature (no less than 10 and no more than 25 titles of scientific literature).
 7. Title of the article, abstract and keywords (if the article is in Tajik, the abstract and key-words are drawn up in Russian and English; if the article is in Russian, the abstract and keywords are made out in Tajik and English; if the article is in English, abstract and keywords are drawn up in Tajik and Russian).
 8. Annotation is drawn up in the amount of at least 5-7 lines, keywords from 5 to 10 words or phrases;
 9. At the end of the article, in two languages (Russian and English), information about the author (s) in the following order: full name of the author (s), academic degree and academic title (if any), name of the organization in which the author (s) works, position, phone, e-mail.
- When citing specific material, links are indicated in square brackets []. Sample: [7], that is, the literature No.7.

The author (s) is responsible for the accuracy of the information.