

ISSN: 2789-0953

2025 / №2 (5)



# ЗАХИРАҶОИ ОБ, ЭНЕРГЕТИКА ВА ЭКОЛОГИЯ

Институти масъалаҳои об,  
гидроэнергетика ва экологияи  
Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон



[www.majalla.imoge.tj](http://www.majalla.imoge.tj)

## ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЯ

Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии  
Национальной академии наук Таджикистана

## WATER RESOURCES, ENERGY AND ECOLOGY

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

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

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

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

**2025**

**ТОМ 5**

**№ 2**

**ДУШАНБЕ**

**Сармухаррир** – доктори илмҳои техника  
Гулаҳмадзода А.А.

**Муовини сармухаррир** – номзади илмҳои  
техника, дотсент Курбон Н.Б.

**Котиби масъул** – ходими илми Маҳмудов А.Н.

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

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

**Мухаррири забони англисӣ:** Фатуллаева З.;

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

**Хайати таҳририя:**

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

\*\*\*

**Chief Editor** – Doctor of Technical Sciences  
Gulohmadzoda 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** – Маҳмудов 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:** Раҳимов Ф. и Исоев Д.

**Редакционная коллегия:**

Абдуллозода С.Ф. – доктор физико-математических наук, профессор; Амирзода О.Х. – доктор технических наук, доцент; Абдушукуров Дж.А. – кандидат физико-математических наук; Азизов Р.О. – доктор технических наук, профессор; Баҳриев С.Х. – кандидат технических наук, профессор; Давлатшоев С.Қ. – кандидат технических наук, доцент; Кариева Ф.А. – кандидат биологических наук; Кодиров А.С. – доктор технических наук; Мирзохонова С.О. – кандидат технических наук; Муртазаев 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); Раҳимов И.М. – кандидат технических наук; Сафаров М.М. – доктор технических наук, профессор; Степанова Н.Н. – кандидат технических наук; Фазылов А.Р. – доктор технических наук, профессор; Ҳақдод М.М. – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАНТ; Шаймурадов Ф.И. – кандидат технических наук; Эмомов К.Ф. – кандидат технических наук; Саттаров С.А. – кандидат физико-математических наук, доцент (Узбекистон).

\*\*\*

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

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

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

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

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

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

## МУНДАРИЧА ЗАХИРАҲОИ ОБ

Шарипов С.А. МЕХАНИЗМҲОИ ҲУҚУҚӢ ВА ИНСТИТУТСИОНАЛИИ ФАӢОЛИЯТИ МАҚОМОТИ МУШТАРАК ДАР ИДОРАКУНИИ ЗАХИРАҲОИ ОБ .....	6
Сафаров М.Т., Шомахмадов А.М. ТАЪСИРИ ЗАХИРАИ БАРФ ВА ПАРАМЕТРҲОИ МЕТЕОРОЛОГӢ БА РЕҶАИ ГИДРОЛОГИИ ДАРӚҲОИ ТОҶИКИСТОН .....	13
Пулатов Я.Э., Азизов Д.Н., Пулатов Ш.Я. Исаев Ҷ. ЗАРУРИЯТИ ТАҲИЯИ РЕҶАИ НАВИ ОБӚРӢ ЗИРОАТҲОИ КИШОВАРЗӢ ДАР ШАРОИТИ ТАӢФИРӚБИИ ИҚЛИМИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН ...	26
Сосин П.М., Шаймурадов Ф.И., Махмудов А. Н. ИСТИФОДАИ ТЕХНОЛОГИЯИ ГИС БАРОИ ТАРТИБ ДОДАНИ ХАРИТАҲОИ РЕЛЕФӢ ВА ХАРИТАҲОИ ГИПСОМЕТРИИ НОҲИЯИ ӚВОН .....	36

## ЭНЕРГЕТИКА

Раҳмонов Ш.С., Ҳасанзода Б.М., Гулаҳмадзода А.А., Давлатшоев С.К. ПАНЕЛҲОИ ОФТОБӢ ДАР ТОҶИКИСТОН: ТЕХНОЛОГИЯҲО, САМАРАНОКӢ ВА ДУРНАМОИ АМАЛИГАРДОНИИ ОН .....	44
Чақалова Б.Ҷ., Бобохонов Ф.Ш. ТАӢМИН НАМУДАНИ БЕХАТАРИИ НАҚБҲОИ ГИДРОТЕХНИКИИ СОХТМОНӢ ҲАНГОМИ БАЛОИҲАГИРӢ ДАР АСОСИ ОМУӢЗИШИ ТАРКИБ ВА ТАВСИФИ ҶАРАӚНИ САХТИ ДАРӚ .....	51
Шамсуллоев Ш.А., Давлатшоев С.К., Азизов З.Б. АМСИЛАИ МАТЕМАТИКИИ ШИДДАТИ МАҲЛУЛШАВИИ КОНВЕКТИВӢ- ДИФФУЗИОНИИ ҚАБАТИ НАМАК .....	60
Тоирзода С.Т., Носиров Н.К. ТАҲҚИҚИ ХУСУСИЯТҲОИ ФИЗИКАӢ МЕХАНИКИИ ҶИСМҲОИ КӢҲӢИ НАҚБҲОИ ГИДРОТЕХНИКӢ ДАР НАТИҶАИ РЕҶАИ ДАРОЗМУДАТИ ИСТИФОДАБАРӢ .....	68

## ЭКОЛОГИЯ

Қурбон Н.Б., Ҳабибзода Ҳ.Т. МАСЪАЛАГУЗОРИИ ИЛМӢ ОИД БА АСОСНОКНАМОИИ СОХТОРИ ОҚИЛОНАИ СИСТЕМАИ ОМОДАНАМОИИ АҲОЛӢ ДАР СОҲАИ ҲОЛАТҲОИ ФАВҚУЛОДДА .....	74
Бобоев Т.Д., Фазлиддини Н., Муродов П.Х., Холназарова З.Д. МОНИТОРИНГИ ДИНАМИКАИ СИФАТИ ОБИ ДАРӚИ ВАРЗОБ ДАР ШАРОИТИ МУОСИРИ ТАӢИРӚБИИ ИҚЛИМ .....	82
Ҳомидов С.К. ТАДҚИҚОТҲОИ ИЗОТОПӢ ВА ГИДРОХИМИЯВӢ ЧАШМАИ ПАНҶЧАШМА .....	88
Ҳочизода С.Қ. ТЕХНОЛОГИЯИ ГИРИФТАНИ КОНСЕНТРАТИ УРАН АЗ ОБИ НАҚБИ №6 КОНИ УРАНИ ТАБОШАР .....	93

## **СОДЕРЖАНИЕ ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ**

Шарипов С.А. ПРАВОВЫЕ И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОВМЕСТНЫХ ОРГАНОВ В УПРАВЛЕНИИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ .....	6
Сафаров М.Т., Шомахмадов А.М. ВЛИЯНИЕ СНЕЖНЫХ ЗАПАСОВ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕК ТАДЖИКИСТАНА .....	13
Пулатов Я.Э., Азизов Д.Н., Пулатов Ш.Я., Исаев Дж. НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗРАБОТКИ НОВОГО РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН .....	26
Сосин П.М., Шаймурадов Ф.И., Махмудов А. Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ КАРТ РЕЛЬЕФА И ГИПСОМЕТРИЧЕСКОЙ КАРТЫ ЯВАНСКОГО РАЙОНА .....	36

### **ЭНЕРГЕТИКА**

Рахмонов Ш.С., Хасанзода Б.М., Гулахмадзода А.А., Давлатшоев С.К. СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ В ТАДЖИКИСТАНЕ: ТЕХНОЛОГИИ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ .....	44
Чакалова Б.Дж., Бобохонов Ф.Ш. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ТУННЕЛЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА И ХАРАКТЕРИСТИК ТВЁРДОГО СТОКА РЕКИ .....	51
Шамсуллоев Ш.А., Давлатшоев С.К., Азизов З.Б. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ КОНВЕКТИВНО-ДИФФУЗИОННОГО РАСТВОРЕНИЯ СОЛЕВОГО ПЛАСТА .....	60
Тоирзода С.Т., Носиров Н. К. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СКАЛЬНОГО МАССИВА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ТУННЕЛЕЙ ВСЛЕДСТВИИ ДЛИТЕЛЬНОГО РЕЖИМА ЭКСПЛУАТАЦИИ .....	68

### **ЭКОЛОГИЯ**

Курбон Н.Б., Хабибзода Х.Т. ПОСТАНОВКА НАУЧНОЙ ЗАДАЧИ ПО ОБОСНОВАНИЮ РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ НАСЕЛЕНИЯ В СФЕРЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ....	74
Бобоев Т.Д., Фазлиддини Н., Муродов П.Х., Холназарова З.Д. МОНИТОРИНГ ДИНАМИКИ КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ ВАРЗОБ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕНЕНИЯ .....	82
Хамидов С.К. ИЗОТОПНОЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РОДНИКА ПАНДЖЧАШМА .....	88
Ходжизода С.К. ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КОНЦЕНТРАТА УРАНА ИЗ ВОДЫ ШТОЛЬНИ №6 УРАНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТАБОШАР...	93

**TABLE OF CONTENTS**  
**WATER RESOURCES**

Sharipov S.A. LEGAL AND INSTITUTIONAL MECHANISMS OF ACTIVITIES OF JOINT BODIES IN WATER RESOURCES MANAGEMENT .....	6
Safarov M.T., Shomahmadov A.M. INFLUENCE OF SNOW STOCKS AND METEOROLOGICAL PARAMETERS ON THE HYDROLOGICAL REGIME OF THE RIVERS OF TAJIKISTAN .....	13
Pulatov Ya.E., Azizov D.N., Pulatov Sh. Ya., Isaev J. THE NEED NECESSITY OF TO DEVELOPING A NEW IRRIGATION MODE FOR AGRICULTURAL CROPS IN THE UNDER CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE IN THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN .....	26
Sosin P.M., Shaimuradov F.I., Makhmudov A.N. APPLICATION OF GIS TECHNOLOGY FOR TOPOGRAPHIC AND HYPOSOMETRIC MAPPING OF THE YAVAN DISTRICT .....	36

**ENERGY**

Rakhmonov Sh.S., Hasanzoda B.M., Gulahmadzoda A.A., Davlatshoev S.K. SOLAR PANELS IN TAJIKISTAN: TECHNOLOGIES, EFFICIENCY, AND IMPLEMENTATION PROSPECTS .....	44
Chakalova B.J., Bobohonov F.Sh. ENSURING THE SAFETY OF HYDRAULIC CONSTRUCTION TUNNELS DURING DESIGN BASED ON THE STUDY OF THE COMPOSITION AND CHARACTERISTICS OF THE RIVER'S SOLID RUNOFF .....	51
Shamsulloev Sh.A., Davlatshoev S.K., Azizov Z.B. MATHEMATICAL MODELING OF THE INTENSITY OF CONVECTIVE-DIFFUSION DISSOLUTION OF A SALT LAYER .....	60
Toirzoda S.T., Nosirov N.K. STUDY OF PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF ROCK MASSIF OF HYDRAULIC TUNNELS DUE TO LONG-TERM OPERATION .....	68

**ECOLOGY**

Kurbon N.B., Habibzoda H.T. SETTING A SCIENTIFIC PROBLEM TO JUSTIFY A RATIONAL STRUCTURE OF THE SYSTEM OF TRAINING THE POPULATION IN THE FIELD OF EMERGENCY SITUATIONS .....	74
Boboev T.D., Fazliddini N., Murodov P.H., Kholnazarova Z.D. MONITORING OF WATER QUALITY THE DYNAMICS IN THE VARZOB RIVER UNDER CURRENT CLIMATE CHANGE CONDITIONS .....	82
Khomidov S.K. ISOTOPIC AND HYDROCHEMICAL STUDY OF THE PANJCHASHMA SPRING .....	88
Hojizoda S.Q. TECHNOLOGIES FOR OBTAINING URANIUM CONCENTRATE FROM THE WATER OF ADIT №6 OF THE TABOSCHAR URANIUM DEPOSIT .....	93

## ПРАВОВЫЕ И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОВМЕСТНЫХ ОРГАНОВ В УПРАВЛЕНИИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ

Шарипов С.А.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Институт водных проблем, гидроэнергетика и экология Национальной академии наук Таджикистана

\*Автор-корреспондент. E-mail: sharipovsa1988@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассматриваются правовые и институциональные механизмы управления водными ресурсами на уровне бассейна, тенденции развития многосторонних и двухсторонних соглашений бассейнового типа, сфера действия которых охватывает водосборную площадь, а также управление водными ресурсами в пределах гидрографических границ речных бассейновых зон.

**Ключевые слова:** Конвенция, соглашение, правовой механизм, водные ресурсы, заинтересованные стороны, совместные органы, бассейн.

### Введение

Подписание совместных международных соглашений и создание совместных органов всегда имеет комплексный подход. Мировая практика показывает, что все соглашения должны заключаться на основе схожих друг с другом подходов и методик на разных уровнях: сотрудничество на техническом уровне; повышение осведомлённости всех заинтересованных сторон; вовлечение общественности; взаимодействие с объектом получения выгод на справедливой основе; финансирование и политическая поддержка, как со стороны государства, так и международных организаций и доноров.

Многие из существующих соглашений не полностью реализованы или неэффективны для решения текущих проблем по разным причинам, таким как их рамочный характер, отсутствие подхода к речному бассейну, слабые институциональные структуры, а также отсутствие финансирования. В связи с этим, международные конвенция должна стать базовым документом к разработке правовой базы двусторонних и многосторонних отношений по совместному использованию водных ресурсов. Руководящие принципы содержат рекомендации по созданию совместных органов в речных бассейнах и

заинтересованные страны могут выбрать их для реализации на практике [1].

В мире насчитывается 276 международных речных бассейнов. 256 из 276 разделены 2, 3 или 4 странами (92,7%), а 20 из 276 разделены 5 или более стран (7,2%), максимум 18 стран разделяют один и тот же трансграничный речной бассейн (Дунай) [2]. Бассейны: Рейн, Конго, Нигер, Нил и Замбези включают в себя 9 или 11 стран, а Амазонка, Ганг, озеро Чад, Тарим, Кура-Аракс, Меконг, Иордан и Евфрат расположены на границах 4 или 8.

Межгосударственные соглашения по трансграничным водным ресурсам охватывают различные сферы водопользования. Анализ показывает, что из 145 соглашений 37% включают водопользование, 39% гидроэнергетику, 9% наводнения, 6% промышленное водопользование, 4% судоходство и загрязнение и 1% рыболовство (Рисунок 1). Из 263 межгосударственных бассейнов 157 до сих пор не имеют правового регулирования [3]. В ЦА расположен бассейн Аральского моря (Сырдарья и Амударья), в который входят шесть стран: Афганистан, Кыргызстан и Таджикистан в верхнем течении и Казахстан, Туркменистан и Узбекистан в нижнем течении. В целом международные речные бассейны регулируются об-

щепризнанными нормами международного права и конкретными соглашениями на региональном (многостороннем) или двустороннем уровне, на основе между-

народных водных ресурсов и соглашений между заинтересованными государствами.

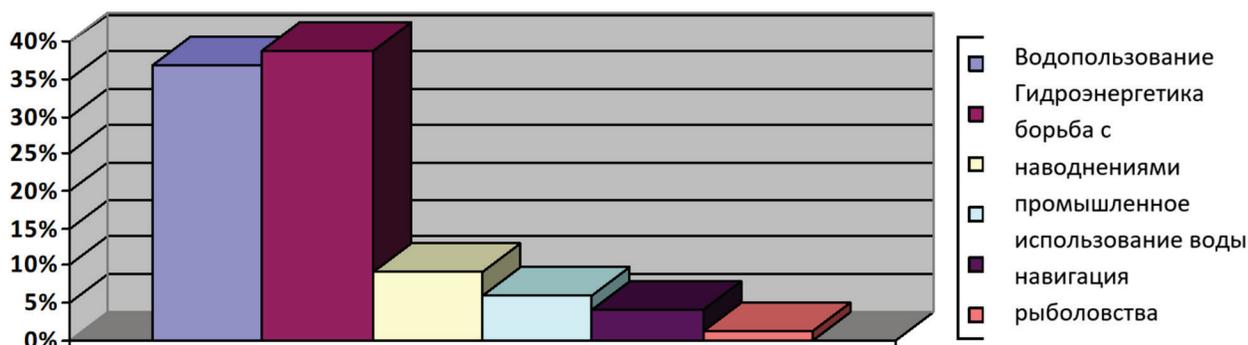


Рисунок 1. Виды водопользования, регулируемые соглашениями.

Количество международных бассейнов и прибрежных государств не является постоянным, с образованием новых государств реки, которые когда-то имели статус национальных, международных и сами становятся вновь возникающими государствами, становятся прибрежными странами.

Вопрос управления общими реками больше не является проблемой только прибрежных государств - его необходимо решать с использованием принципов международного права. Очевидно, что это единственный способ для стран регулировать права на использование воды. Каждый случай имеет свои особенности и нет возможности создать один уникальный документ, способный разрешить все противоречивые случаи по трансграничным водам, но есть способ использовать международные нормативные документы, в качестве основы.

Принципы и механизмы двустороннего и многостороннего межгосударственного водного сотрудничества.

В мире имеется значительное количество рек, озёр и подземных вод, относящихся к категории «международных» водных объектов, то есть тех, которые пересекают границу между двумя или более государствами, или которые имеют общую границу. Исторически междуна-

родные водные пути в правовом смысле касаются, в основном, вопросов регулирования международного судоходства. В настоящее время подход к определению международного характера реки по углу судоходства явно устарел, поскольку межгосударственные или трансграничные реки используются в основном как источник питьевой воды для промышленных целей, сельскохозяйственного орошения, а также выработки электроэнергии, переработки бытовых и промышленных отходов.

В последнее время практикуется заключение соглашений, определяющих общие принципы и нормы взаимоотношений государств в отношении их общих водных ресурсов, описание которых осуществляется посредством дополнительных протоколов по отдельным вопросам или соглашений о сотрудничестве по конкретным водотокам.

Международная практика управления и охраны водных ресурсов имеет тенденцию двигаться в сторону принятия соглашений между заинтересованными государствами в отношении всего или части международного водотока или его части, или в отношении конкретного вида водопользования на международных водах. Такого рода международные соглашения являются многосторонними (например,

Конвенция о сотрудничестве по охране и устойчивому развитию реки Дунай 1994 года) или двусторонними (Соглашение между Киргизской Республикой и Республикой Казахстан об использовании межгосударственных водохозяйственных сооружений на реках Чу и Талас 2000 года) [4].

Достижение бесконфликтных решений существующих проблем, связанных с использованием вод международных бассейнов, обеспечивается только в контексте сотрудничества. В интересах долгосрочного экономического сотрудничества важно поддерживать устойчивость всего бассейна реки в целом, не только поверхностных вод (рек и озёр), но и подземных вод. Международные согла-

шения о совместном использовании водных ресурсов используются в 109 из 263 существующих речных бассейнов, иными словами, сотрудничество поддерживается только в 42% международных бассейнов. Международные речные организации созданы только в 62 из 263 международных бассейнов (табл.1).

Таблица 1 показывает, что кооперативные организации были созданы только для 26 из 176 речных бассейнов, разделяемых двумя странами. Больше международных организаций было создано в международных бассейнах, разделяемых несколькими странами, 36 из 87 этих речных бассейнов имеют совместные органы (Dombrowsky, 2008) [4].

Таблица 1. Международные организации речных бассейнов.

	Международные речные бассейны	Международные организации речных бассейнов		
		Кол.	Доля от общего числа по типу бассейна	Доля бассейнов с МРБО
Двусторонний	173	26	15%	42%
Многосторонний	87	36	41%	58%
Все бассейны	263	62	24%	100%

В современном состоянии международных водных отношений сотрудничество стоит на первом месте как обязательное условие для ответа на все угрозы и вызовы воды. Осознавая необходимость сотрудничества, все больше государств с общими водными ресурсами начали заключать в прошлом веке многочисленные договоры с обязательствами по сотрудничеству. Сотрудничество может осуществляться в форме обмена информацией, уведомлений и консультаций, а совместные органы являются наиболее эффективной формой сотрудничества в управлении водными ресурсами [5].

**Двусторонние и многосторонние соглашения о создании совместных органов по управлению водными ресурсами в ЦА**

Страны ЦА сотрудничают по трансграничным водам более 30 лет. Эффективное управление водными ресурсами

ЦА сохраняет свою актуальность для политического и экономического сотрудничества, а также сотрудничества в области охраны окружающей среды в регионе. Последствия изменения климата: повышение температуры, сокращение продолжительности сезона дождей, высыхание плодородных земель, нехватка чистой питьевой воды и воды для орошения, приобретают всё более чёткие очертания и требуют усиления сотрудничества между государствами [6]. Вопросы качества воды, которым в прошлом не уделялось должного внимания, все чаще признаются имеющими особое значение для регионального сотрудничества в регионе ЦА.

Заявление, подписанное 12.09.1991 министерствами водных ресурсов стран ЦА, заложило основу международного сотрудничества, признав необходимость решения вопросов водных ресурсов в бас-

сейне Аральского моря как общих для всех стран на основе принципов справедливого регулирования в интересах всех стран региона [7].

Кроме того, существуют и другие соглашения, связанные с сотрудничеством по водным ресурсам в ЦА (табл.2).

**Таблица 2.** Договорно-правовые механизмы в Центральной Азии.

Соглашения		Кз	КГ	Тд	Тм	Уз
1992	Соглашение о сотрудничестве в сфере совместного управления, использования и охраны водных ресурсов межгосударственных источников	✓	✓	✓	✓	✓
1993	Соглашение о совместных действиях по решению проблемы АМ и прилегающих территорий, оздоровлению окружающей среды и социально-экономическому развитию региона Приаралья.	✓	✓	✓	✓	✓
1996	Чарджевское соглашение	✓	✓	✓	✓	✓
1996	Соглашение об использовании топлива и воды	✓	✓	✓	✓	✓
1998	Соглашение об использовании водно-энергетических ресурсов бассейна реки Сырдарья	✓	✓	✓		✓
1998	Соглашение о сотрудничестве в области охраны окружающей среды	✓	✓	✓	✓	✓
1999	Соглашение о статусе Международного Фонда спасения Арала и его организаций	✓	✓	✓	✓	✓
2006	Рамочная конвенция об охране окружающей среды для устойчивого развития в ЦА		✓	✓		✓
Декларации						
1997	Алматинская декларация	✓	✓	✓	✓	✓
1999	Ашхабадская декларация	✓	✓	✓	✓	✓
1995	Нукуская декларация	✓	✓	✓	✓	✓
2001	Ташкентская декларация	✓	✓	✓	✓	✓
2002	Душанбинская декларация	✓	✓	✓	✓	✓

С момента обретения независимости страны приняли ряд многосторонних и двусторонних соглашений по совместному управлению водными ресурсами по основным бассейнам рек Сырдарья и Амударья (таблица.2), создали институты и присоединились к различным международным конвенциям [8], создавая с юридической точки зрения, правовые и институциональные механизмы сотрудничества.

Устойчивое и справедливое использование воды в ЦА является одним из важных факторов будущего устойчивого развития региона. Совместное решение проблем, справедливое использование межгосударственных водных ресурсов на

основе международного права является жизненно важной потребностью.

#### **Бассейновое управление водными ресурсами Республики Таджикистан на основе совместных органов**

Таджикистан проводит свою водную политику и дипломатию в соответствии с региональными и глобальными тенденциями на основе международных принципов и норм, признанными страной. В то же время, водная политика страны учитывает национальные интересы и для её эффективного осуществления проводит соответствующие переобразование системы управления водными ресурсами, основывающегося на внедрении интегрированного и бассейнового управления,

учёте интересов всех заинтересованных сторон [9].

Законодательства Республики Таджикистан в сфере водных ресурсов, основывается на Конституции страны, принятой референдумом 6 ноября 1994 года. В статье 13, которая гласит «земля, её недра, вода, воздух, растительный и животный мир, другие природные ресурсы являются исключительной собственностью государства, и государство гарантирует их эффективное использование в интересах народа».

В соответствии с Законом Республики Таджикистан «О нормативных правовых актах» от 26 марта 2009 года Водный кодекс является системообразующим законодательным актом и все законодательные акты, регулирующие водные отношения, не должны противоречить или не соответствовать положениям Водного кодекса.

В соответствии со статьей 21 Водного кодекса управление водными ресурсами осуществляется в пределах гидрографических границ речных бассейнов и, связанных с ними подземных водных объектов,

в соответствии с принципами интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР) [11].

Водное законодательство Таджикистана, в достаточной мере описывает полномочия бассейновых организаций, советов и ассоциации водопользователей, с точки зрения бассейнового планирования использования и охраны водных ресурсов.

В соответствии с утверждёнными положениями о водохозяйственных организациях, ответственных за управление водными ресурсами и за управление спросом на воду, которая несёт ответственность за водоснабжение, контроль и использование воды. Ответственность за продуктивность воды и земли, благополучие лежит на плечах территориальных органов власти, которые, не имеют надёжных механизмов для организационно-финансовых процессов управления.

Система водного законодательства включает в себя специальное законодательство об использовании и охране водных ресурсов (таблица 3).

**Таблица 3.** Водное законодательство в Республике Таджикистан.

Наименование законов	год
Закон о недрах	1994
Закон об ассоциациях водопользователей	2006
Закон о питьевой воде и питьевом водоснабжении	2018
Закон о безопасности гидротехнических сооружений	2010
Закон об охране окружающей среды	2011
Закон об охране природы	1996
Закон о гидрометеорологической деятельности	2002
Закон об особо охраняемых природных территориях и объектах	1996
Закон о биологической безопасности	2005
Закон об экологическом мониторинге	2007
Закон об экологическом образовании	2010
Закон об экологической информации	2012
Лесной кодекс	2011
Земельный кодекс	1996
Закон об альтернативных источниках энергии	2010

Согласно Национальной водной стратегии Республики Таджикистан на период до 2040 года Бассейновые планы по управлению водными ресурсами разрабатываются на каждый речной бассейн, на срок не менее чем на 5 лет и представляют собой совокупность систематизированных материалов в текстовой, табличной и графической формах о состоянии водных объектов и их использовании, полученных в результате наблюдений, исследований состояния водных объектов, изысканий, предпроектных и проектных работ по планированию и реализации водохозяйственных и водоохранных мероприятий, а также осуществления мероприятий по снижению риска вредного воздействия вод [12].

Бассейновые зоны (Сырдарья, Зеравшан, Кафирниган, Вахш и Пяндж) являются основной единицей управления водными ресурсами и состоят из речных бассейнов и связанных с ними подземных

водных объектов на территории Республики Таджикистан (рис.2). Управление бассейновыми зонами возложено на Бассейновые организации рек, которые являются структурными подразделениями уполномоченного государственного органа в области регулирования использования водных ресурсов, а их подразделения являются организациями, ответственными за вопросы организации ИУВР, планирования использования водных объектов, мониторинга использования водных объектов и реализации бассейновых планов по управлению водными ресурсами.

Согласно действующим законодательствам Республики Таджикистан, следует развивать межгосударственные, межотраслевые водные отношения путём создания бассейновых организаций и заключения двух- и многосторонних соглашений, договоров, по правовым, организационным, техническим, экономическим и другим направлениям деятельности.

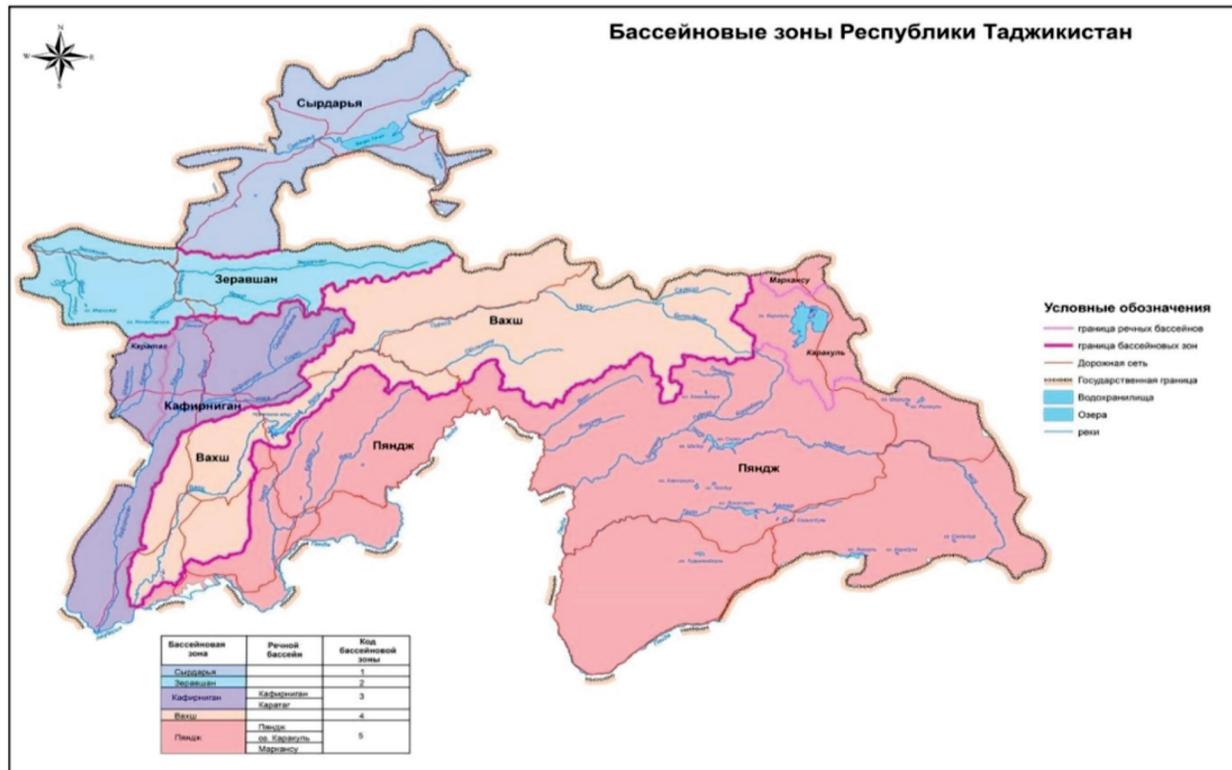


Рисунок 2. Главные Бассейновые зоны в Таджикистане.

### Выводы

Международный опыт учитывает разработку правового механизма совместного управления водными ресурсами для решения многочисленных противоречий на уровне бассейна. Устойчивое развитие в международных бассейнах зависит от эффективного сотрудничества двух и более стран в единой правовой базе в сфере водных отношений. Тем не менее, рост числа совместных органов в мире показывает положительную тенденцию их эффективности.

В Центральном Азиатском регионе акцент в сотрудничестве направлен на то, чтобы не было особенностей в той или иной культуре водопользования, например, гидроэнергетики или орошения, которые не вызывали бы особых споров между сторонами. Сегодня нет специального законодательства, которое бы комплексно регулировало и правовые отношения при строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений на международных реках. Конвенции, например, содержат общие правила использования рек в тех или иных целях, но они не охватывают весь спектр водных отношений на международном уровне.

Таким образом, все вышеперечисленные обязанности совместных органов являются очень широкими и общими, так как, каждый случай совместного управления водными объектами странами, имеет свои особенности и невозможно создать уникальные правила, применимые к каждой ситуации.

### Литература

1. Хельсинкские правила использования вод международных рек. <http://www.colsan.edu.mx/investigacion/aguaysociedad/proyectofrontera/>

- helsinki%20rules%201966.pdf. (последнее посещение 10.12.2024)
2. <http://www.unwater.org/water-cooperation-2013/water-cooperation/facts-and-figures/en/> (последнее посещение 10.02.2025)
  3. Сборник договоров ООН. Конвенция по охране и использованию международных водотоков и международных озер // [http://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg\\_no=XXVII-5&chapter=27&lang=en/](http://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-5&chapter=27&lang=en/). (последнее посещение 13.11.2024)
  4. Справочник по комплексному управлению водными ресурсами в международных бассейнах рек, озер и водоносных горизонтов, март 2012 г.
  5. <https://treaties.un.org/doc/Publication/CN/2014/CN.271.2014-Eng.pdf> Конвенция Организации Объединенных Наций по морскому праву несудоходных видов использования международных водотоков, 1997 г.
  6. SC McCaffrey, The Law of International Watercourses (2-е изд. Oxford University Press, 2007 г.).
  7. Справочник по комплексному управлению водными ресурсами в международных бассейнах рек, озер и водоносных горизонтов, март 2012 г. s
  8. Janusz-Pawletta B. Current legal challenges to institutional management of transboundary water resources in Central Asia and Joint Management Arrangements. Науки об окружающей среде Земли
  9. Концепция по рациональному использованию и охране водных ресурсов в Республике Таджикистан
  10. Национальная водная информационная система [https://www.wis.tj/?page\\_id=2745](https://www.wis.tj/?page_id=2745)
  11. Управление водными ресурсами бассейна реки Пяндж ТП 9183-taj: План управления бассейном реки Пяндж. Основные положения
  12. Водный кодекс Республики Таджикистан от 2 апреля 2020 года
  13. Национальная водная стратегия РТ на период до 2040 года.

## МЕХАНИЗМҲОИ ҲУҚУҚӢ ВА ИНСТИТУТСИОНАЛИИ ФАӢОЛИЯТИ МАҚОМОТИ МУШТАРАК ДАР ИДОРАКУНИИ ЗАХИРАҲОИ ОБ

Шарипов С.А.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

\*Муаллифи масъул. E-mail: sharipovsa1988@gmail.com

**Шарҳи мухтасар.** Дар мақола механизмҳои ҳуқуқӣ ва институтсионалии идоракунии захираҳои об дар сатҳи ҳавзаҳо, тамоюли руида созишномаҳои бисёрҷониба ва дучонибаи навъи ҳавзавӣ, ки доираи онҳо ҳавзаҳои ҳавзаро дар бар мегирад, инчунин идоракунии захираҳои об дар ҳудуди гидрографии минтақаҳои ҳавзаҳои дарёҳо баррасӣ шудааст.

**Калидвожаҳо:** Конвенсия, созишнома, механизми ҳуқуқӣ, захираҳои об, ҷонибҳои манфиатдор, мақомоти муштарак, ҳавза.

## LEGAL AND INSTITUTIONAL MECHANISMS OF ACTIVITIES OF JOINT BODIES IN WATER RESOURCES MANAGEMENT

Sharipov S.A.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan

\*Corresponding author. E-mail: sharipovsa1988@gmail.com

**Abstract.** This article examines the legal and institutional mechanisms for water resources management at the basin level, trends in the development of multilateral and bilateral basin-type agreements, the scope of which covers the catchment area, as well as water resources management within the hydrographic boundaries of river basin zones.

**Key words:** Convention, agreement, legal mechanism, water resources, stakeholders, joint bodies, basin.

**Information about the author:** Sharipov Said Ahmadovich - Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Department of Water Resources Management and Water Conservation, Researcher. E-mail: sharipovsa1988@gmail.com.

**Информация об авторе:** Шарипов Саид Ахмадович - Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, Отдел управления водными ресурсами и водосбережения, научный сотрудник. E-mail: sharipovsa1988@gmail.com.

**Маълумот дар бораи муаллиф:** Шарифов Саид Ахмадович – Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, шуъбаи Идоракунии захираҳои об ва обсарфакунӣ, ходими илмӣ. Почтаи электронӣ: sharipovsa1988@gmail.com.

УДК 551.579

## ВЛИЯНИЕ СНЕЖНЫХ ЗАПАСОВ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕК ТАДЖИКИСТАНА

Сафаров М.Т.<sup>1,\*</sup>, Шомахмадов А.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Государственное научное учреждение «Центр по изучению ледников Национальной академии наук Таджикистана»

\*Автор-корреспондент. E-mail: ali.shoh51@gmail.com

**Аннотация.** На основе проведённых в 3 этапа исследований по влиянию снежных запасов и метеорологических параметров на гидрологический режим рек Таджикистана выявлено, что увеличение температуры воздуха за весь зимний период и период ранней весны 2017 – 2022 гг., составляет 0,9°C, уменьшение среднемесячных осадков - 25%, высоты снега на метеоплощадках – 13%, и высоты снега по данным маршрутной снегосъёмки - 25%. За весь вегетационный период 2018-2021 гг., усреднённые по всем бассейнам рек среднемесячные значения температуры воздуха увеличиваются, в среднем на 2,5 °С, а за весь годовой

период - только на 1,5°C. Впервые, взаимосвязь среднемесячных значений расхода воды за вегетационные периоды со среднемесячными значениями высоты снега на метеоплощадках и высоты снега по маршрутной снегосъёмке за зимний период и период ранней весны, рассмотрена методом пошаговой корреляции. Установлено, что увеличение расхода воды в бассейнах исследуемых рек в апреле - мае месяце, при наличии значительных положительных коэффициентах корреляции (0,50-0,99), связано с таянием снега с нижних горизонтов снегонакопления, а при значительных отрицательных коэффициентах корреляции (от - 0,50 до - 0,99) - со значительными осадками, в то время как, в июне - октябре месяце, при наличии значительных положительных коэффициентах корреляции (0,50-0,99), это увеличение связано с высокими температурами воздуха и таянием снега с верхних горизонтов снегонакопления, а при значительных отрицательных коэффициентах корреляции (от - 0,50 до - 0,99) - с высокими значениями температуры воздуха и обильным таянием ледников.

**Ключевые слова:** температура воздуха, количество осадков, расход воды, гидрологический режим, корреляционная связь.

## **Введение**

Мониторинг гидрометеорологических параметров на государственных гидрологических постах в контексте изменения климата служит основой изучения сезонных и межгодовых режимов стока воды в речных бассейнах.

Мониторинг гидрометеорологических параметров в контексте изменения климата служит основой для изучения сезонных и межгодовых режимов стока в речных бассейнах. Поэтому, комплексное изучение взаимосвязи метеорологических параметров и снежного покрова зимнего периода и начала весны и оценка их влияния на гидрологический режим рек имеют большое значение для Таджикистана.

В горных условиях Таджикистана снежный покров [1, 2, 3] играет важнейшую роль в формировании водности рек и гидрологического цикла. Снегонакопление в холодной период года является важным звеном и одним из наиболее распространённых и динамичных природных объектов, мощным климатообразующим фактором, важным гидрологическим ресурсом и источником питания рек в весенне - летний период. Именно снеготопление и их таяние вносят основной вклад в стокообразование и поступление талой воды на водосбор [2].

Основные запасы снега в горах Таджикистана располагаются в зоне 2000-4000 м над уровнем моря, а зона выше 4000 м считается зоной вечных снегов и ледников [3].

Система наблюдений за снежным покровом [4, 5] представляет большую ценность для исследований изменения климата, масштабов надвигающегося водного кризиса и огромных проблем в управлении водными ресурсами, как в Центральной Азии, так и в глобальном масштабе.

Высотная поясность климатических процессов, уменьшение с высотой температуры воздуха и увеличение доли твёрдых осадков оказывают решающее влияние на характер питания рек, формирование и внутригодовое распределение стока, его межгодовую и внутригодовую изменчивость.

По данным [6], водность рек Таджикистана в течение двух последующих десятилетий 1991-2010 гг. оказалась выше нормы за счёт увеличения осадков и таяния ледников. Однако, в течение последних десятилетий такие исследования, не проводились.

В настоящее время гидрологические прогнозы, в основном, составляются на основании предсказания синоптических прогнозов и количеством выпавших жидких и твёрдых осадков, анализе условий формирования тало-дождевого стока в речных бассейнах [7, 8].

Для составления долгосрочных прогнозов водности основных речных бассейнов на текущий вегетационный период (апрель-сентябрь) в настоящее время, используется информация о сезонном снежном покрове, а также поступающая с соответствующих метеостанций страны,

стандартная синоптическая информация [7].

К сожалению, детальный анализ количественной связи этих параметров между собой, а также определение их влияния на гидрологический режим основных речных бассейнов Таджикистана не проводился.

Поскольку для достижения этой цели необходимо было обработать и проанализировать большой объём информации за зимний период, период ранней весны и вегетационный период, было решено проводить это исследование в 3 этапа.

На первом и втором этапах исследования проводился анализ количественной связи сезонного снежного покрова и определение его взаимосвязи с основными метеорологическими параметрами в зимний период и период ранней весны 2017-2021 гг. Также оценивалась взаимосвязь ос-

новных метеорологических параметров с гидрологическим режимом основных бассейнов рек Таджикистана за вегетационные периоды 2018-2021 гг. [9, 10].

**Основной целью** настоящей работы на 3 этапе исследования был анализ взаимосвязи снежного покрова в зимний период и период ранней весны с гидрологическим режимом основных рек Таджикистана и определялось их влияние на формирование их стока.

#### Район исследования

В зону исследования входят бассейны пяти рек Таджикистана, зоны формирования стока которых находятся на территории страны (рис. 1): Вахш – высота 1258-1998 м н.у.м, Зеравшан – высота 2204-3143 м н.у.м, Кафирниган – высота 1361-3373 м н.у.м, Кзылсу – высота 1132-2566 м н.у.м. и Пяндж - высота 1288-3436 м н.у.м.

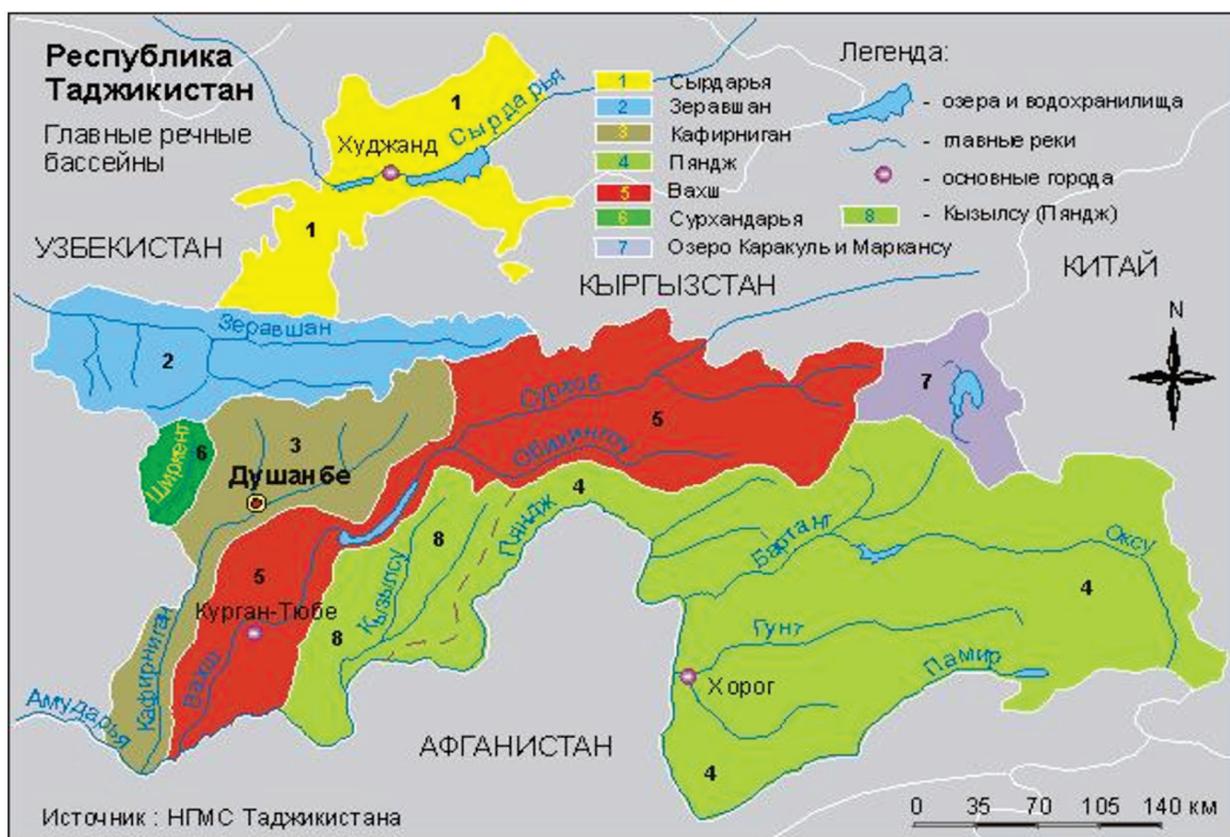


Рисунок 1. Основные речные бассейны Таджикистана [4].

### **Использованные материалы и методы исследования**

Для анализа использованы архивные материалы и гидрометеорологические бюллетени Агентства по гидрометеорологии за 2017-2021 гг. [11,12, 13].

Объектом исследования являются данные по расходу воды, температуре воздуха, количеству осадков и высоте снега на метеоплощадках на 16 гидрологических постах и 18 метеостанциях, расположенных в бассейнах рек Зерафшан, Кафирниган (Варзоб), Вахш, Пяндж и Кызилсу Яхсу (далее, Кызилсу), за весенне-зимний и вегетационные периоды 2018-2021 годы [9, 10]. Кроме того, были использованы данные маршрутной снегосъёмки за 2017-2020 годы [14].

В основу методики анализа данных в данной работе был положен статистический анализ и сопоставление расхода воды в речных бассейнах с использованием Excel программы, определение их взаимосвязи по различным бассейнам рек. Была также использована специальная литература по статистическому анализу экспериментальных данных [15].

Все данные усреднялись, как в месячном разрешении, так и по всем принадлежащим бассейнам рек, станциям и иногда, по всем бассейнам рек, т.е. каждая отдельная точка имеет большой вес и характеризует, по крайней мере, около 25-30 точек.

Ввиду громоздкости таблиц среднемесячных значений расхода воды, высоты снега на метеоплощадках и по данным маршрутной снегосъёмки, температуры воздуха, количества осадков приводятся только графики изменений этих значений по исследуемым бассейнам рек и в среднем по всем бассейнам, а анализ проводился, всё-таки, по соответствующим таблицам.

### **Анализ исследуемых данных**

Как было отмечено выше, основной целью настоящей работы является опре-

деление влияния снежного покрова за зимний период и период ранней весны 2017-2022, а также метеорологических параметров за вегетационный период 2018-2021 гг. на гидрологический режим и формирование стока основных рек Таджикистана.

Анализ динамики накопления снежного покрова и оценка взаимосвязи основных метеорологических параметров в основных бассейнах рек Таджикистана за зимний период и начало весны 2017-2022 гг., а также определение взаимосвязи основных метеорологических параметров, с гидрологическим режимом основных бассейнов рек Таджикистана за вегетационный период 2018-2021 гг. рассматривались в работах [9, 10].

Приведём лишь некоторые основные результаты этих работ, которые необходимы для подтверждения некоторых заключений по достижению основной цели настоящей статьи.

За вегетационный период 2018 – 2021 гг., в среднем по всем бассейнам, тёплым ( $t_{cp}=13,9^{\circ}\text{C}$ ) был май месяц, относительно жаркими были июнь и сентябрь месяцы ( $t_{cp}=17,3$  и  $16,9^{\circ}\text{C}$ , соответственно) и жаркими - июль и август месяцы ( $t_{cp}=21,9$  и  $20,7^{\circ}\text{C}$ , соответственно) [10].

По всем бассейнам рек наибольшее среднемесячное значение количества осадков наблюдалось, в основном в апреле - мае месяце, за исключением реки Вахш, где наибольшие значения наблюдались в апреле (рис. 3) [10].

Значительное увеличение среднемесячных значений расхода воды по этому бассейну наблюдалось в течение июня – августа 2018-2021 гг. В 2018, 2019 и 2021 годах, максимум этих значений приходился на июль, а в 2020 году - на июнь месяц ( $110,7$  -  $287$  м<sup>3</sup>/сек, рис. 4).

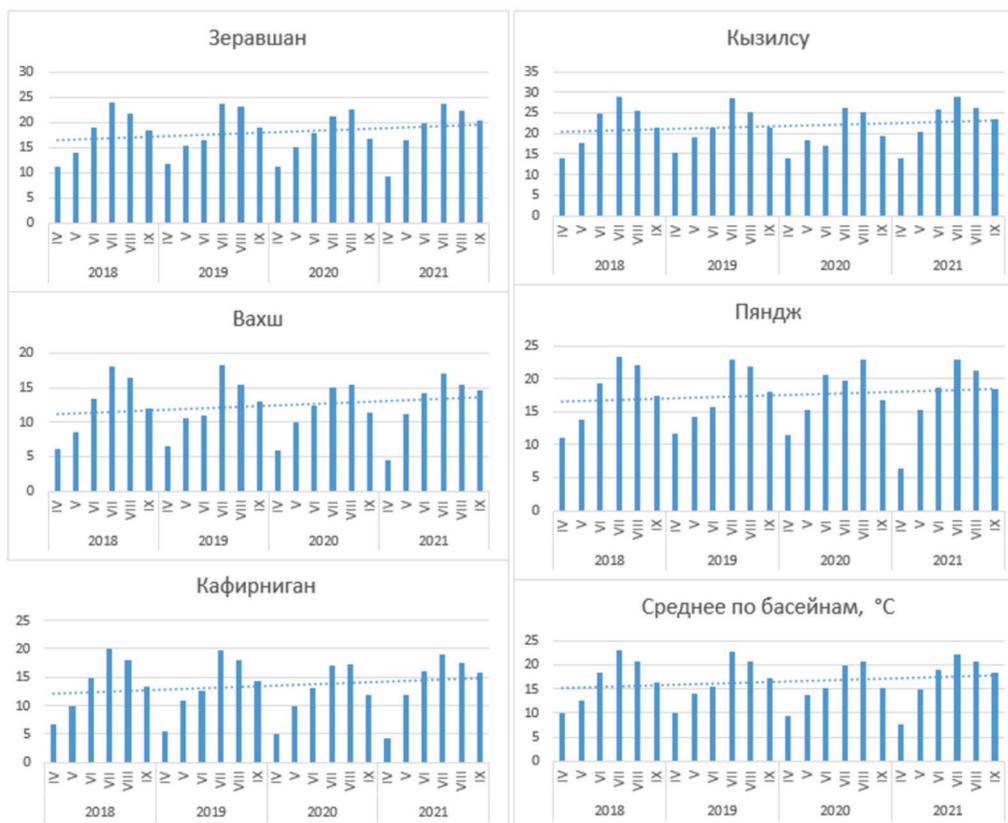


Рисунок 2. Временной ход изменения среднемесячных значений температуры воздуха по исследуемым бассейнам рек за вегетационный период 2018-2021 гг.

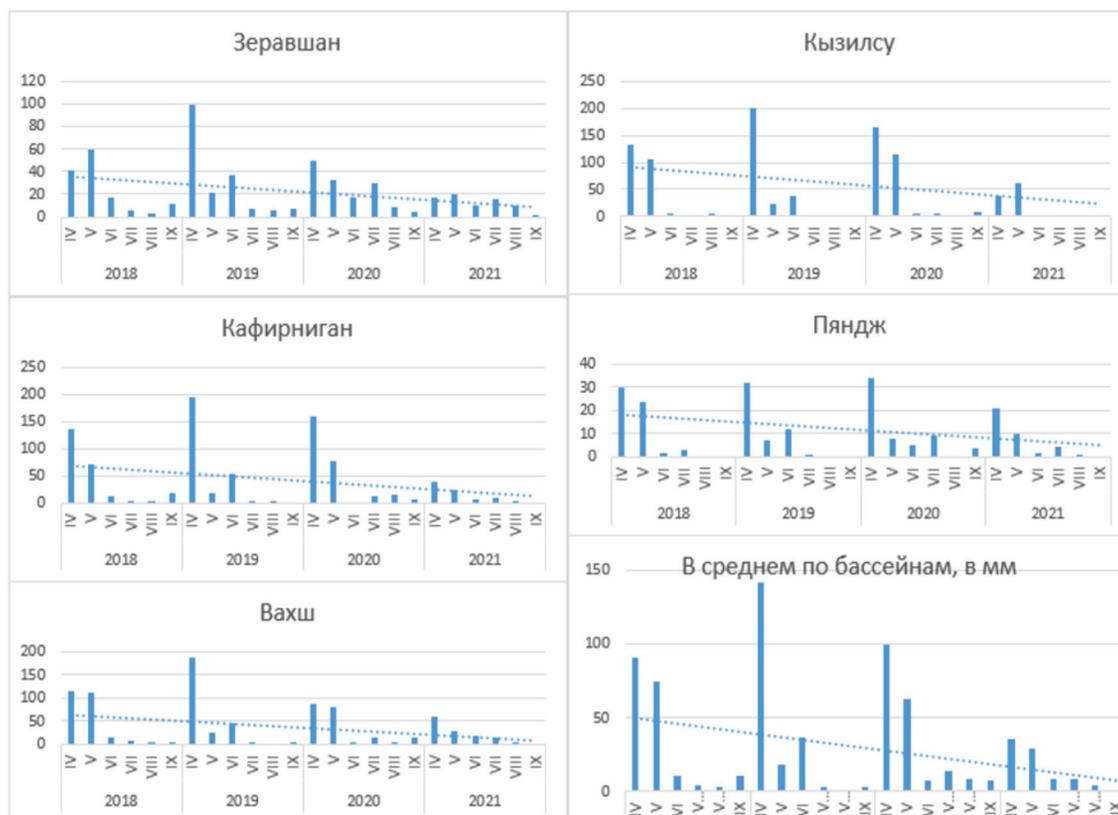
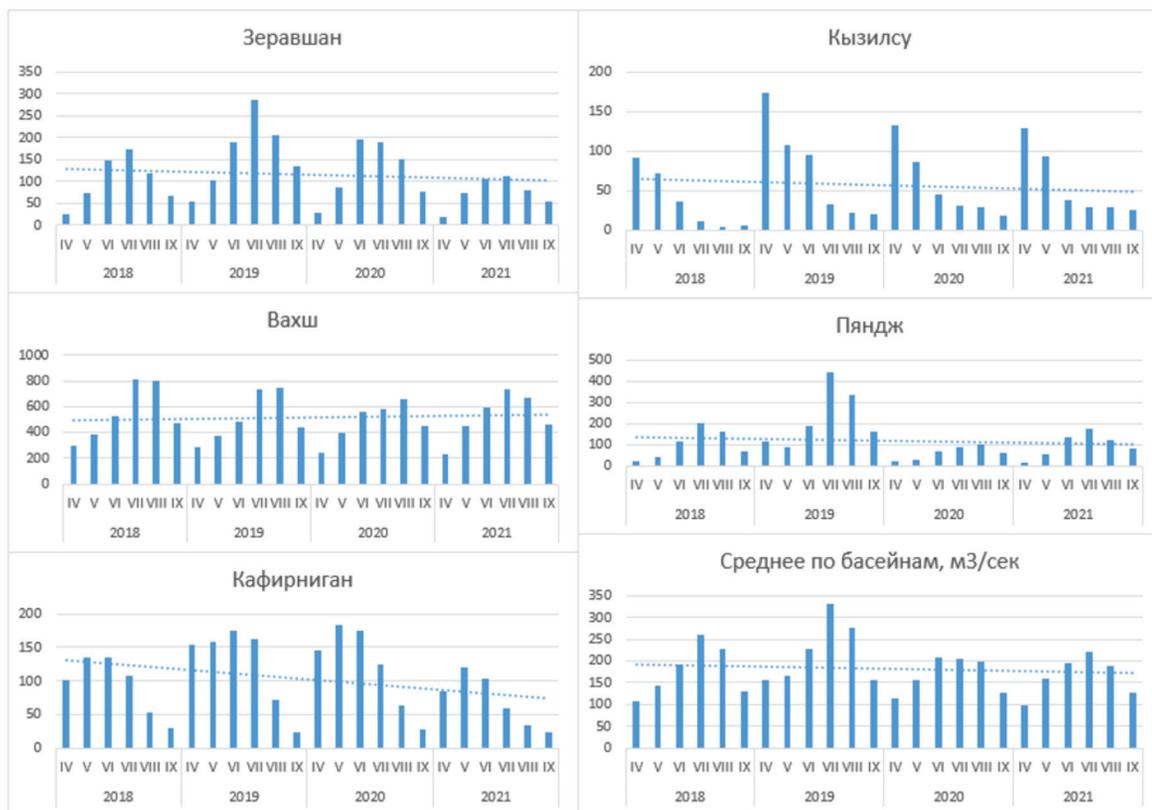


Рисунок 3. Временной ход изменения среднемесячных значений количества осадков по исследуемым бассейнам рек за вегетационный период 2018-2021 гг.



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

Усреднённые по всем бассейнам рек среднемесячные значения расхода воды увеличивались значительно в течение апреля-июля 2018, 2019 и 2021 годов, с максимумом в июле, а в 2020 году с максимумом в июне, меняясь в пределах 209,7 - 331,5 м<sup>3</sup>/сек [10].

#### **Влияние снежного покрова на гидрологический режим рек**

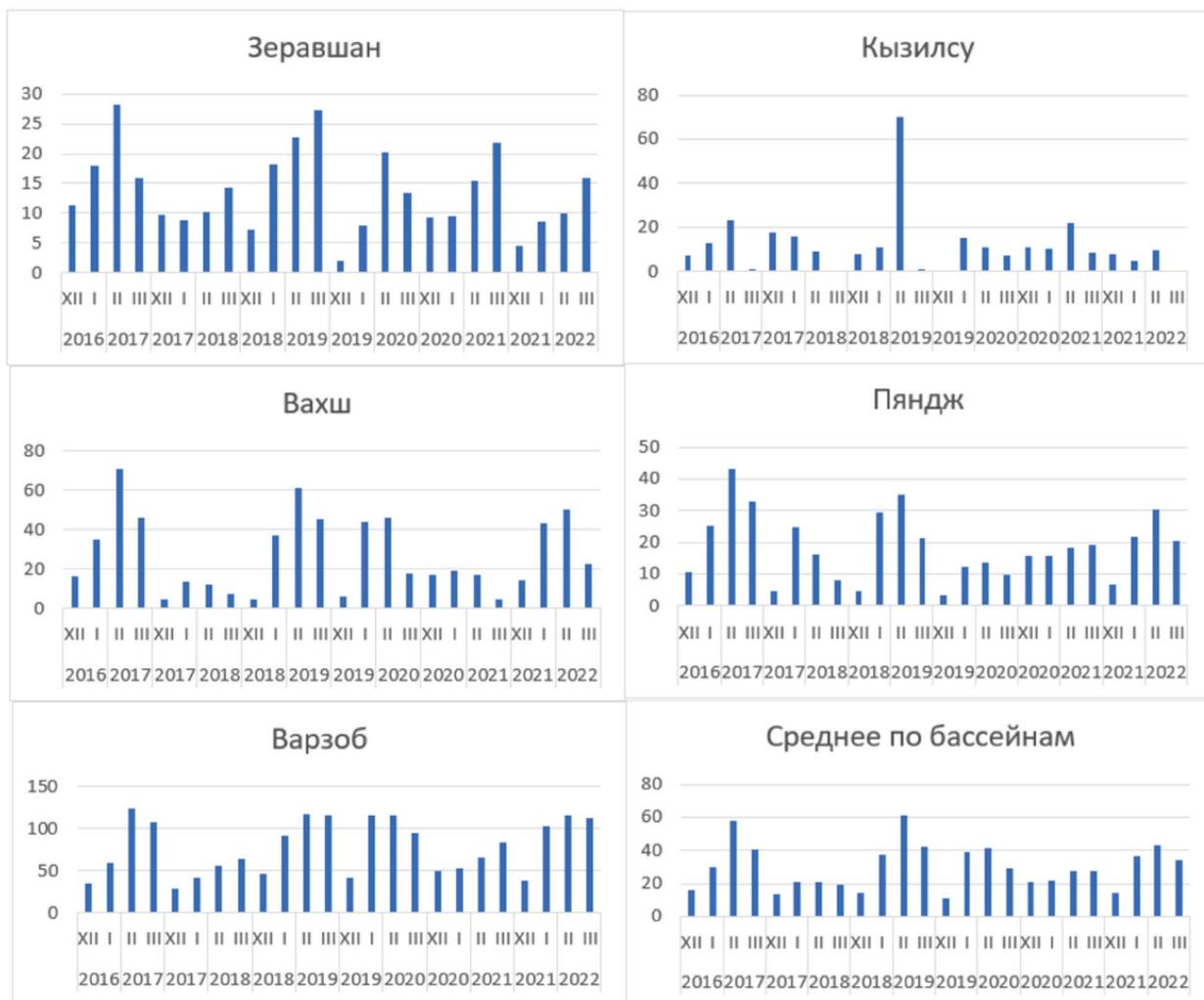
Рассмотрим влияние (связь) снежного покрова за зимний период и период ранней весны 2018-2021 гг. на гидрологический режим (на примере расхода воды) выбранных бассейнов рек за вегетационные периоды этого же срока.

Вначале определим взаимосвязь среднемесячных значений расхода воды за вегетационные периоды 2018-2021 гг. (рис. 4) со среднемесячными значениями высоты снега на метеоплощадках за зимний период и период ранней весны (рис.5).

Поскольку, времена изменения значений высоты снега на метеоплощадках за

зимний период и период ранней весны, расхода воды за вегетационный период и количество данных за эти периоды, не совпадают, коррелирование проводилось в пошаговой форме. Для того, чтобы коэффициенты корреляции рассчитывались для всех месяцев вегетационного периода (с апреля по сентябрь месяцы), необходимо было иметь среднемесячные значения расхода воды с апреля по декабрь месяцы, т.е. до конца года.

Например, для проведения корреляции высоты снега на метеоплощадках бассейна реки Зеравшан за зимний период и период ранней весны 2018 года и расхода воды за вегетационный период 2018 года, значения высоты снега за декабрь 2017 года, январь, февраль и март 2018 года, коррелировались со значениями расхода воды за апрель, май, июнь и июль месяцы 2018 года (рис. 6).



**Рисунок 5.** Временной ход изменения среднемесячных значений высоты снега на метеоплощадках за зимний период и период ранней весны 2017-2022 гг.

Полученное значение коэффициента корреляции присваивается апрелю месяца 2018 года. Далее значения высоты снега за декабрь 2017 года, январь, февраль и март 2018 года, коррелируются со значениями расхода воды за май, июнь, июль и август месяцы 2018 года и это значение присваивается маю месяцу и т.д., последний коэффициент корреляции за 2018 год присваивается сентябрю месяцу.

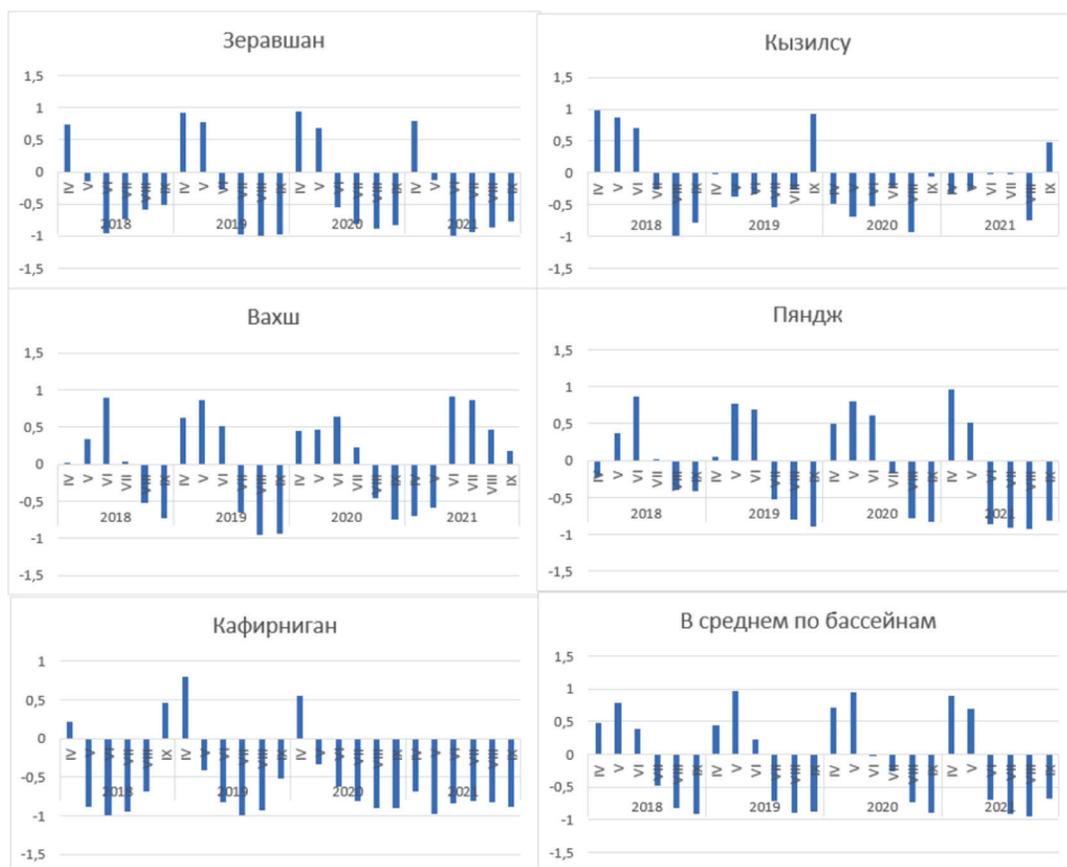
Пользуясь вышеприведённой методикой, можно далее вычислить значения коэффициентов корреляции по этому же бассейну реки за 2019, 2020 и 2021 годы, манипулируя необходимыми данными, как показано на рис. 6. Далее можно перейти к бассейнам рек Вахш, Кафирниган,

Кызылсу, Пяндж и в среднем по всем бассейнам рек. Результаты расчётов приведены на рис. 7.

Рассмотрение соответствующих таблиц показало, что в бассейне реки Зеравшан значительные положительные коэффициенты корреляции получают в апреле месяце всего периода (0,74-0,94) и в мае месяце 2019 и 2020 года (0,78 и 0,69 соответственно), а значительные отрицательные - за период июнь по сентябрь 2018 и 2020-2021 (от -0,51 до -0,99). В 2019 году значительные отрицательные коэффициенты корреляции наблюдаются с июля по сентябрь месяцы (-0,98 и -0,99).

2018	IV	26,4	9,8
	V	73	8,8
	VI	147,1	10,3
	VII	172,9	14,3
	VIII	117,3	
	IX	66,5	
	X	34,2	
	XI	25,2	
	XII	20,3	
	IV	26,4	
	V	73	
	VI	147,1	
VII	172,9	9,8	
VIII	117,3	8,8	
IX	66,5	10,3	
X	34,2	14,3	
XI	25,2		
XII	20,3		

**Рисунок 6.** Пример вычисления коэффициентов корреляции между высотой снега на метеоплощадке для бассейна реки Зеравшан за зимний период и ранней весны и расхода воды за вегетационный период 2018 года. Зелёным цветом отмечены месяцы, которым присвоены коэффициенты корреляции.



**Рисунок 7.** Временной ход изменения коэффициентов корреляции между среднемесячными значениями расхода воды в бассейнах за вегетационный период и высоты снега на метеоплощадках за зимний период 2018-2020 гг.

По бассейну реки Вахш значительные положительные коэффициенты корреляции получены в июне 2018 (0,9), апреле - мае 2019 года (0,62 и 0,86), июне 2020 года и июне - июле 2021 года (0,91 и 0,86), а значительные отрицательные - в августе - сентябре 2018 года (-0,53 и -0,73), июне - сентябре 2019 года (от -0,6 до -0,95), сентябре 2020 года (-0,75) и апреле - мае 2021 года (-0,7 и -0,59).

По бассейну реки Кафирниган значительные положительные коэффициенты корреляции получены в апреле 2018 и 2019 (0,77 и 0,59), а значительные отрицательные - в мае - августе 2018 года (от -0,69 до -0,99), июне-сентябре 2019 и 2020 года, а также апреле - сентябре 2021 года (от -0,69 до -0,97).

По бассейну реки Кзылсу значительные положительные коэффициенты корреляции получены в апреле-июне 2018 года (0,7-0,98) и сентябре 2019 года (0,93), а значительные отрицательные - в августе-сентябре 2018 года (от -0,79 до -0,99), июле 2019 года (-0,55), мае - июне 2020

года (от -0,53 до -0,7) и августе 2021 года (-0,75).

По бассейну реки Пяндж значительные положительные коэффициенты корреляции получены в июне 2018 года (0,87), мае - июне 2019 года (0,77 и 0,69), апреле-июне 2020 года (0,5-0,8) и апреле-мае 2021 года (0,97 и 0,51), а значительные отрицательные коэффициенты корреляции - в июле - сентябре 2019 года (от -0,52 до -0,89), августе - сентябре 2020 года (-0,79 и -0,83) и июне - сентябре 2021 года (от -0,82 до -0,92).

В среднем по бассейнам рек значительные положительные коэффициенты корреляции получены в мае 2018 и 2019 (0,78 и 0,97) и апреле-мае 2020 и 2021- года (0,69-0,95), а значительные отрицательные - в августе - сентябре 2018 и 2020 года (от -0,73 до -0,92), июле-сентябре 2019 и июне-сентябре 2021 года (от -0,67 до -0,94).

Рассмотрим теперь, корреляционную связь среднемесячных значений расхода воды (рис. 4) и высоты снега по данным маршрутной снегосъёмки (рис. 8).

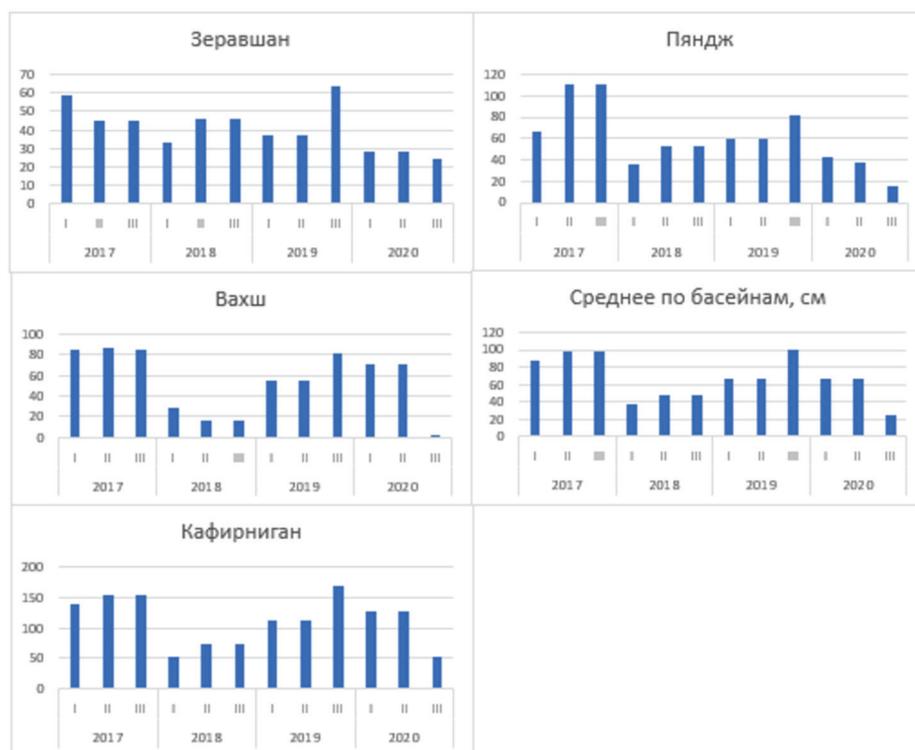
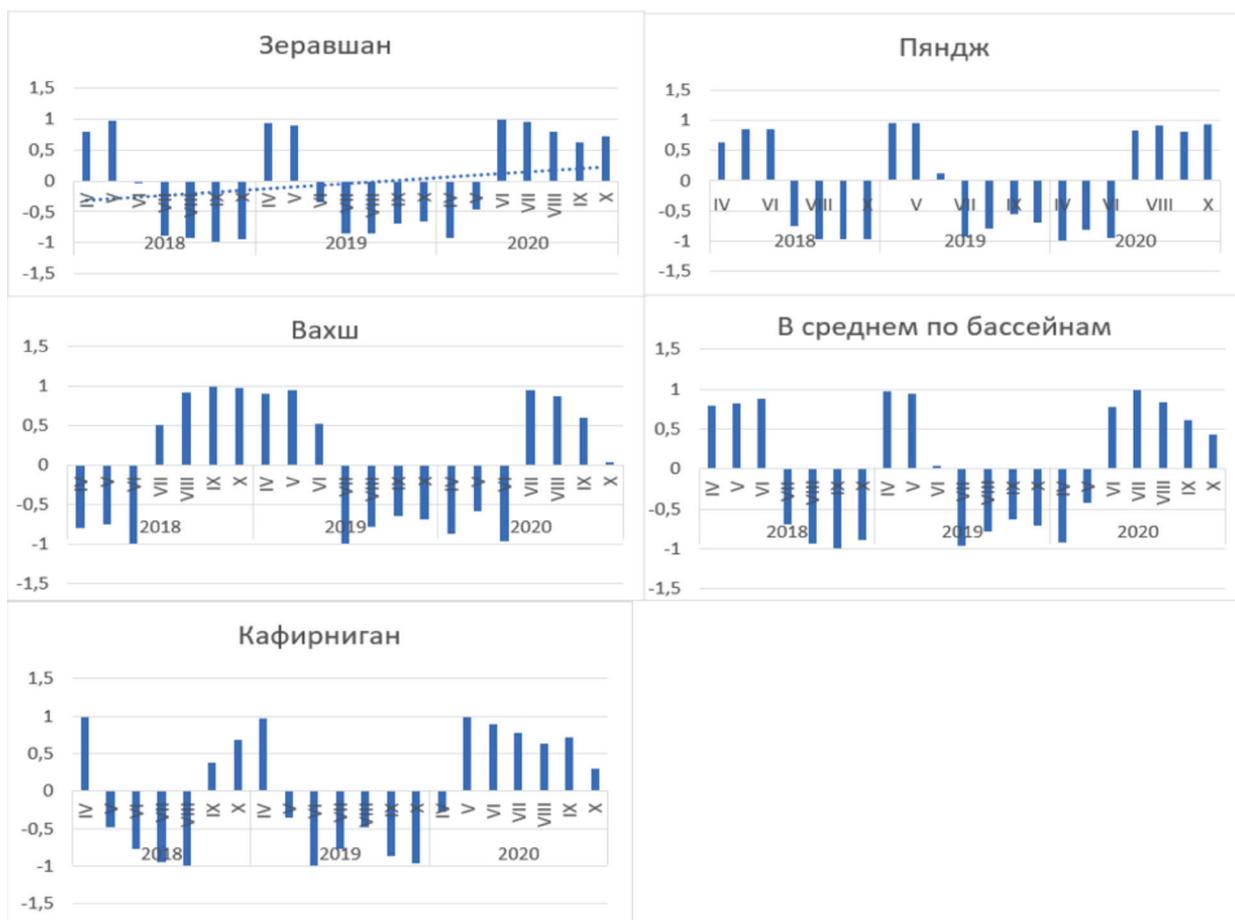


Рисунок 8. Временной ход изменения среднемесячных значений высоты снега по маршрутной снегосъёмке за зимний период и период ранней весны 2017-2020 гг.

Следует отметить, что данные средне-месячных значений высоты снега по данным маршрутной снегосъёмки имелись только за 2017-2020 гг., а в 2017 году данные среднемесячных значений расхода воды за несколько месяцев вегетационного периода 2017 года не существовали, следовательно, для определения корреляционных связей был выбран период 2018-2020 гг.

Коэффициенты корреляции определялись так же, как и в случае определения связи расхода воды с высотами снежного покрова на метеоплощадках. На рис. 9 приведены значения коэффициентов корреляционной связи среднемесячных значений расхода воды и высоты снега по данным маршрутной снегосъёмки для вегетационного периода 2018-2020 гг.



**Рисунок 9.** Временной ход изменения коэффициентов корреляции между среднемесячными значениями расхода воды в бассейнах за вегетационный период и высоты снега по маршрутной снегосъёмке за зимний период 2018-2020 гг.

Рассмотрение рисунка показало, что по бассейну реки Зеравшан наибольшие положительные коэффициенты корреляции получены в апреле – мае 2018 и 2019 года (0,79-0,97) и июне – октябре 2020 года (0,62-0,99), а значительные отрицательные значения – в июле-октябре 2018 и 2019 года (от -0,66 до -0,98) и апреле 2020 года (-0,93).

По бассейну реки Вахш наибольшие положительные коэффициенты корреляции получены в июле-октябре 2018 года (0,51-0,99), апреле-июне 2019 года (0,52-0,95) и июле-сентябре 2020 года (0,59-0,94), а значительные отрицательные – в апреле - июне 2018 года (от -0,75 до -0,99), июле-октябре 2019 года (от -0,65

до -0,99) и апреле-июне 2020 года (от -0,59 до -0,97).

По бассейну реки Кафирниган наибольшие положительные коэффициенты корреляции получены в апреле и октябре 2018 года (0,99 и 0,69), апреле 2019 года (0,97) и мае – сентябре 2020 (0,63-0,99), а наибольшие отрицательные – в июне – августе 2018 года (от -0,77 до -0,99) и июне-октябре 2019 года (от -0,77 до -0,99).

По бассейну реки Пяндж наибольшие положительные коэффициенты корреляции получены в апреле-июне 2018 года, апреле-мае 2019 года и июле-декабре 2020 года, а наибольшие отрицательные – в июле – октябре 2018 года и 2019 года (от -0,56 до -0,97) и апреле – июне 2020 года (от -0,82 до -0,95).

В среднем по всем бассейнам наибольшие положительные коэффициенты корреляции получены в апреле – июне 2018 года, апреле-мае 2019 года (0,98 и 0,95) и июне – сентябре 2020 года (0,62-0,99), а значительные отрицательные – в июле-октябре 2018 и 2019 года (от -0,63 до -0,99) и апреле 2020 года (-0,91)

Из обобщения полученных результатов можно заключить, что увеличение расхода воды в бассейнах исследуемых рек в апреле - мае месяце, при наличии значительных положительных коэффициентах корреляции, связано с таянием снега с нижних горизонтов снегонакопления, а в июне - октябре – высокими температурами воздуха и таянием снега с верхних горизонтов снегонакопления.

С другой стороны, увеличение расхода воды в бассейнах рек при значительных отрицательных коэффициентах корреляции в апреле-мае месяце связано со значительными осадками, а в июне - октябре - высокими значениями температуры воздуха и обильным таянием ледников.

### **Выводы**

На основе проведённых в 3 этапа исследований сделаны следующие основные заключения:

### ***Зимний период и начало весны 2017-2022 гг. [9]***

- среднемесячные осадки в течение зимнего периода и начале весны, в среднем по отдельным бассейнам, а также усреднённые по всем бассейнам были ниже климатической нормы (67%);
- количество осадков за зимний период, особенно за январь и февраль месяцы, в среднем по всем бассейнам было больше, чем за начало весны на 15-20%;
- среднемесячные значения высоты снежного покрова на метеоплощадках за зимний период 2017-2022 гг. оказались выше, чем за начало весны, в среднем на 15%, а по отдельным бассейнам – на 12%;
- исключительно малоснежным оказался март 2020 года (в среднем 42% от климатической нормы), особо выделяются бассейны рек Вахш и Пяндж (8% и 32% соответственно);
- за весь исследуемый период, увеличение температуры воздуха составляет 0,9°C, а уменьшение среднемесячных осадков - на 25%, высоты снега на метеоплощадках – на 13%, и высоты снега по данным маршрутной снегосъёмки - на 25%.

### ***1. Вегетационный период 2018-2021 гг. [10]***

- между среднемесячными значениями температуры воздуха и количества осадков по отдельным бассейнам рек и, в среднем, по всем бассейнам, существует довольно тесная корреляционная связь (0,80-0,99).
- между бассейнами рек Зеравшан, Вахш, Пяндж и, в среднем, по всем бассейнам наблюдаются значительные положительные коэффициенты корреляции среднемесячных значений расхода воды (0,58-0,90);
- За весь исследуемый период вегетации усреднённые по всем бассейнам рек среднемесячные значения температу-

ры воздуха увеличиваются, в среднем на 2,5 °С, а расходы воды уменьшаются на 21%;

- за весь годовой период 2018-2021 гг., температура воздуха увеличивается только на 1,5°С;
- полученные уравнения и графики корреляционной связи дают возможность при отсутствии данных по одному из бассейнов рек определить, в среднем, значение по другим, если коэффициенты корреляции больше 0,6.

Впервые взаимосвязь среднемесячных значений расхода воды за вегетационные периоды со среднемесячными значениями высоты снега на метеоплощадках за зимний период и период ранней весны, а также высоты снега по маршрутной снегосъёмке, рассмотрено методом пошаговой корреляции.

Результаты коррелирования показали, что увеличение расхода воды в бассейнах исследуемых рек в:

- апреле - мае месяце, при наличии значительных положительных коэффициентах корреляции (0,50-0,99), связано с таянием снега с нижних горизонтов снегонакопления, а при значительных отрицательных коэффициентах корреляции (от - 0,50 до - 0,99) - со значительными осадками.
- июне - октябре месяце, при наличии значительных положительных коэффициентах корреляции (0,50-0,99), связано с высокими температурами воздуха и таянием снега с верхних горизонтов снегонакопления, а при значительных отрицательных коэффициентах корреляции (от - 0,50 до - 0,99) – с высокими значениями температуры воздуха и обильным таянием ледников.

### Литература

1. Методика исследования снежного покрова. Информационный ресурс. Доступ на сайте: <http://www.allbest.ru/>
2. Мухаббатов Х., Яблоков А. Снежный покров Таджикистана - Третье национальное сообще-

ние Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. 2014 г., 79 с.

3. Отчет аэровизуальных наблюдений за высотой снежного покрова 2020 - 2022 годы, представленный Агентством по гидрометеорологии, 2022г.
4. Второе национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата, 2008г.
5. Отчеты маршрутных снегосъемок бассейна рек Таджикистана и декадные высоты снега на площадках метеостанций. Агентство по гидрометеорологии 2017-2020 гг.
6. Третье национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. 2008 г., с. 84-90.
7. Руководство по гидрометеорологическому прогнозу. Государственный комитет СССР по гидрометеорологии. Роскомгидромет СССР, 1988, 131 с.
8. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Государственный гидрологический институт. С-Петербург, 2004, 75 с.
9. 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, 2024. с. 44-60.
10. Сафаров М.Т., Каюмов А.К., Шомахмадов А.М. Связь метеорологических параметров с гидрологическим режимом бассейнов рек Таджикистана за вегетационный период 2018-2021гг. Журнал “Водные ресурсы, энергетика и экология”, 4/4, 2024, с. 75-85.
11. Гидрометеорологические бюллетени Агентства по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан за 2017-2022 гг. Душанбе, 2022.
12. Декадные гидрологические бюллетени Агентства по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан за 2021 год. Душанбе, 2021 г.
13. Отчет Государственного учреждения “Агентство по гидрометеорологии” по водным ресурсам. Душанбе, 2006, 18 с.
14. Отчеты маршрутных снегосъемок бассейна рек Таджикистана и декадные высоты снега на площадках метеостанций. Агентство по гидрометеорологии 2017-2020 гг. Фонды Агентства по гидрометеорологии Комитета охраны

- окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан.
15. Вентцел Е.С. Теория вероятностей. Издательство «Наука», Главная редакция физико-ма-

тематической литературы, 4-е стереотипное издание, Москва, 1969, 564 с.

## ТАЪСИРИ ЗАХИРАИ БАРФ ВА ПАРАМЕТРҲОИ МЕТЕОРОЛОГӢ БА РЕҶАИ ГИДРОЛОГИИ ДАРЁҲОИ ТОҶИКИСТОН

Сафаров М.Т.<sup>1,\*</sup>, Шомаҳмадов А.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Муассисаи давлатии илмӣ «Маркази омӯзиши пиряхҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон»

\*Муаллифи масъул. E-mail: ali.shoh51@gmail.com

**Шарҳи мухтасар.** Дар асоси тадқиқоти дар 3 марҳила оид ба таъсири захираҳои барф ба реҷаи гидрологӣ дарёҳои Тоҷикистон гузаронидашуда муайян карда шуд, ки баландшавии ҳарорати ҳаво дар давраи зимистон ва аввали баҳори солҳои 2017 – 2022, 0,9°C, камшавии боршиот - 25%, баландии барф дар майдончаҳои метеорологӣ - 13% ва баландии барф аз рӯи ченкуниҳои масирӣ - 25% - ро ташиқил медиҳад. Дар тамоми давраи вегетсионии солҳои 2018-2021 баландшавии қимати миёнаи моҳонаи ҳарорати ҳаво, ба ҳисоби миёна 2,5°C ва дар давоми тамоми сол танҳо 1,5°C зиёд шудааст. Бори аввал робитаи байни қиматҳои миёнаи моҳонаи сарфи об дар давраи вегетсия ва қиматҳои миёнаи моҳонаи баландии барф дар майдончаҳои метеорологӣ ва баландии барф аз рӯи барченкунии хатсайрӣ дар давраи зимистон ва аввали баҳор, бо усули коррелясионии зина ба зина баррасӣ карда шуд. Муайян карда шуд, ки афзоиши сарфи об дар моҳҳои апрел-май, ҳангоми коэффисиентҳои коррелясионии назарраси мусбӣ (0,50-0,99), ба обшавии барф аз қисмати поёни чамъшавии қабати барф ва ҳангоми коэффисиентҳои манфӣ назаррас (аз - 0,50 то - 0,99) ба боршиоти зиёд вобаста буда, дар моҳҳои июн - октябр, ҳангоми коэффисиентҳои назарраси мусбӣ (0,50-0,99), ба зиёдишавии ҳарорати ҳаво ва обшавии барф аз қисмати болои чамъшавии қабати барф ва ҳангоми коэффисиентҳои назарраси манфӣ (аз - 0,50 то - 0,99), ба ҳарорати баланди ҳаво ва обшавии зиёди пиряхҳо, вобаста мебошад.

**Калидвожаҳо:** ҳарорати ҳаво, миқдори боршиот, сарфи об, реҷаи гидрологӣ, алоқамандии коррелясионӣ.

## INFLUENCE OF SNOW STOCKS AND METEOROLOGICAL PARAMETERS ON THE HYDROLOGICAL REGIME OF THE RIVERS OF TAJIKISTAN

Safarov M.T.<sup>1,\*</sup>, Shomahmadov A.M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The State Scientific Institution “Center for the Study of Glaciers of the National Academy of Sciences of Tajikistan

\*Corresponding author. E-mail: ali.shoh51@gmail.com

**Abstract.** Based on the studies conducted in 3 stages on the influence of snow reserves on the hydrological regime of the rivers of Tajikistan, it was revealed that the increase in air temperature for the entire winter and the early spring period of 2017 - 2022 is 0.9 °C, but decrease in average monthly precipitation - 25%, snow depth at meteorological sites - 13%, and snow depth according to route snow survey data - 25%. For the entire studied vegetation period of 2018-2021, the average monthly air temperature values averaged over all river basins increased by an average of 2.5 °C, and for the entire annual period - only by 1.5 °C. For the first time, the relationship between the average monthly water flow values for vegetation periods with the average monthly snow depth values at meteorological sites and snow depth according to route snow surveys for the winter period and early spring period was considered using the step-by-step correlation method. It was established that the increase in water flow in the basins of the studied rivers in April - May, with significant positive correlation coefficients (0.50-0.99), is associated with snow melting from the lower horizons of snow accumulation, and with significant negative correlation coefficients (from - 0.50 to - 0.99) - with significant precipitation, while in June - October, with significant positive correlation coefficients (0.50-0.99), this increase is associated with high air temperatures and snow melting from the upper horizons of snow accumulation, and with significant negative correlation coefficients (from - 0.50 to - 0.99) - with high air temperatures and abundant melting of glaciers.

**Keywords:** air temperature, precipitation, water flow, hydrological regime, correlation relationship.

**Сведения об авторах:** Шомахмадов А.М. - ведущий научный сотрудник Центра изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана, кандидат физико-математических наук. Тел.: (+992)988070165, E-mail: ali.shoh51@gmail.com, Сафаров М.Т. – научный сотрудник отдела гидрометеорологии, защиты ледников, изменения климата и адаптации Центра изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана, Тел.: (+992)989012929, E-mail: mahmadsafarov1963@gmail.com

**Маълумот дар бораи муаллифон:** Шомахмадов А.М. ходими пешбари илмии Маркази омӯзиши пирияхҳои АИ Т, номзади илмҳои физика-математика, Тел.:(+992)9880701 65, Почтаи электронӣ: ali.shoh51@gmail.com, Сафаров М.Т. мудири шуъбаи гидрометеорология, хифзи пирияхҳо, тағирёбии иқлим ва мутобиқшавии Маркази омӯзиши пирияхҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон мебошад, Тел.: (+992)989012929, E-mail: mahmadsafarov1963@gmail.com

**Information about the authors:** Shomakhmadov A.M. - leading researcher of the Glacier study center of the National Academy of Sciences of Tajikistan, candidate of physical and mathematical Sciences, Tel.: 988 07 01 65 E-mail: ali.shoh51@gmail.com, Safarov M.T. – Research worker of the Department of hydrometeorology, glacier protection, climate change and adaptation of the Glacier research center of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Tel.:(+992)989 01 29 29, E-mail: mahmadsafarov1963@gmail.com

УДК 631.671:551.583.2

## НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗРАБОТКИ НОВОГО РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Пулатов Я.Э.<sup>1,\*</sup>, Азизов Д.Н.<sup>1</sup>, Пулатов Ш.Я.<sup>2</sup>, Исаев Дж.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальная академия наук Таджикистана

<sup>2</sup>Таджикский аграрный университет им Ш.Шотемур

\*Автор-корреспондент. E-mail: tj\_water@mail.ru

**Аннотация.** В статье излагаются результаты исследований о необходимости разработки нового режима орошения сельскохозяйственных культур в условиях климатических изменений, указываются основные существующие недостатки расчёта режима орошения и методов водонормирования в Таджикистане и странах Центральной Азии. Обосновано проведение полевых и теоретических исследований по оптимизации режима орошения и установления суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур по всем агроклиматическим зонам, почвенно-гидрогеологическим областям и гидромодульным районам в разрезе административных областей и речных бассейнов Республики Таджикистан. Изложена методологическая основа проведения исследований с учётом введённой новой поправки.

**Ключевые слова:** водные ресурсы; климатические изменения; режим орошения, водопотребление, методология, гидромодульный район, агроклиматическая зона, почвенно-гидрогеологическая область, водопользование; дефицит водного баланса, оросительная норма.

**Введение.** В настоящее время в Таджикистане орошаемые земли составляют 765 тыс. га или на одного жителя приходится лишь 0,076 га и в связи с бурным демографическим ростом населения, отчуждением части земель под строительство этот показатель в перспективе сократится до 0,06 га. Орошение является основным фактором повышения продуктивности земельных угодий и снижения уровня зависимости сельского хозяйства от климатических условий. В секторе орошаемого

земледелия используется до 92% водных ресурсов, производится до 90% продукции сельского хозяйства и занято более 70% экономически активного населения республики и её доля в ВВП Таджикистана составляет около 25%.

Высокоэффективное использование водных ресурсов в орошаемом земледелии, повышение урожайности сельскохозяйственных культур и отдачи поливного гектара определяется в основном режимом орошения и техникой их полива.

Однако, в производственных условиях поливы проводятся большими нормами с растянутыми межполивными периодами, при этом наблюдаются огромные непродуцируемые потери (поверхностный сброс, фильтрация и испарение), т.е. КПД при бороздковом поливе и продуктивность использования оросительной воды снижается иногда до 0,3. Всё это сдерживает рост урожайности сельскохозяйственных культур и приводит к нерациональному использованию поливной воды [1, 2].

Нарастающий водный дефицит, рост численности населения, развитие отраслей экономики, климатические изменения и другие факторы, влияющие на водные ресурсы, требуют коренного изменения взглядов и отношения к воде и в этих условиях первостепенное значение приобретает высокоэффективное использование водных ресурсов на основе разработки научно-обоснованных режимов орошения и водопотребления сельскохозяйственных культур, внедрение прогрессивных водосберегающих технологий орошения и систем земледелия, так как водные ресурсы, в основном, используются в сельском хозяйстве для обеспечения продовольственной безопасности Республики Таджикистан, которая имеет особое значение для достижения её реального суверенитета.

Специальные исследования по данной проблеме на основе единой методики, одновременно во времени и пространстве в Республике Таджикистан в целом не проводились. Вопросы оптимизации параметров режима орошения применительно к новым сортам и гибридам сельскохозяйственных культур и различным сценариям водообеспеченности, а также климатическим изменениям недостаточно изучены.

**Целью исследований** является разработка методологических основ и научной обоснованности нового подхода к проведению исследований по рационализации режимов орошения и водопотребления

сельскохозяйственных культур в условиях климатических изменений Республики Таджикистан.

При этом ставится решить следующие задачи: проанализировать и изучить историю разработки режима орошения и водопотребления сельскохозяйственных культур в Таджикистане; оценить систему водопользования и соблюдения на практике существующих режимов орошения сельскохозяйственных культур в различных почвенно-климатических условиях республики; оценить существующую методологию расчёта режима орошения и водопотребления сельскохозяйственных культур и выявить их недостатки в условиях Таджикистана и Центральной Азии; разработать схему проведения полевых исследований по режимам орошения основных сельскохозяйственных культур в разрезе административных областей и бассейнов рек Таджикистана.

**Методологические основы** проведения исследований базируются на исторических и существующих материалах по режиму орошения и водопотребления сельскохозяйственных культур по различным почвенно-климатическим условиям республики, анализу методов установления водонормирования, нового методологического подхода к рассматриваемой проблеме и на обоснованные научные заделы по данной тематике за период 2005-2023 годы.

**Результаты исследования.** Результаты изучения истории разработки режима орошения и водопотребления сельскохозяйственных культур в Таджикистане показывает что, на основании распоряжения Совета министров Таджикской ССР от 18 сентября 1980 года, 257-р и приказа Министерства сельского хозяйства Таджикской ССР от 10 октября 1980 года, №449, Таджикский научно-исследовательский институт земледелия (головная организация) с участием Таджикского

научно-исследовательского института почвоведения (ныне Институт почвоведения и агрохимии ТАСХН), Таджикского филиала ВНИИГиМ (ныне ГУ «ТаджикНИИГиМ»), Таджикского сельскохозяйственного института (ныне Таджикский аграрный университет им. Ш. Шотемур) и института «Таджикгипрозем» подготовил новые рекомендации (в замену рекомендаций 1977 г.) по режимам орошения сельскохозяйственных культур. Эти рекомендации были утверждены 20 апреля 1988 года Государственным агропромышленным комитетом Таджикской ССР (ныне Министерство сельского хозяйства Республики Таджикистан) и Министерством мелиорации и водного хозяйства Таджикской ССР (ныне Агентство мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан) [3,4,5]. При разработке рекомендаций «Режимы орошения сельскохозяйственных культур в Таджикской ССР» (том 1 и 2, Душанбе, 1988) были использованы экспериментальные материалы 30-80-х годов прошлого столетия, выполненные по единой методике СоюзНИХИ (г.Ташкент) с районированными сортами на фоне агротехнологии возделывания культуры, принятые к тому периоду времени [6, 7, 8, 9, 10].

Рекомендации были составлены на получение в производственных условиях максимального урожая (хлопка-сырца – 35-36 ц/га; люцерны 160 ц/га; кукурузы – 80 ц/га; кормовых культур до 750 ц/га и т.д.). Расчёт оросительных норм проводился по методике института «Средазгипрохлопка» (В.Р.Шредер и др., 1970).

Анализ показывает, что прошло 40 лет (1984-1988гг) разработки «Режимы орошения сельскохозяйственных культур в Таджикской ССР» и в настоящее время эти рекомендации в производственных условиях фактически не соблюдаются, они служат ориентиром только при составлении планов водопользования и разработке различных проектов.

Немаловажным фактором, влияющим на сельское и водное хозяйства, являются происходящие климатические изменения. На фоне уменьшения запасов воды в ледниках и сокращения количества снежного покрова в горах наблюдается сокращение водности отдельных рек. Также увеличивается неравномерность выпадения атмосферных осадков и речного стока. Согласно публикациям [11,12,13,14] при ожидаемом повышении среднегодовой температуры к 2030-2050 гг. на 1-20 С биологическая потребность растений в воде (в том числе хлопчатника, зерновых) возможно увеличится на 3-10%. Предполагается, что при ожидаемых параметрах изменения климата, испарение с водной поверхности возрастёт на 5-10%, а эвапотранспирация растений увеличится на 10-20%. Это приведёт к увеличению оросительной нормы от 22 до 38%. В ряде районов могут сократиться запасы подземных вод ввиду сокращения их подпитки поверхностными водами и атмосферными осадками. Все эти факторы имеют прямое и косвенное влияние на режим орошения и водопотребления сельскохозяйственных культур.

Вместе с тем, несмотря на большой объём теоретических и практических исследований, проблемы рационального высокоэффективного водопользования, оптимизации режимов орошения сельскохозяйственных культур, водонормирования, повышения продуктивности используемых ресурсов в условиях климатических изменений, обеспечения продовольственной безопасности страны путём новых технических и технологических подходов и решений остаются до конца нерешёнными.

Проведённая оценка существующей методологии расчёта режима орошения сельскохозяйственных культур в условиях Таджикистана и Центральной Азии показывает, что рекомендованные ороси-

тельные нормы были (1969-1980гг.) рассчитаны согласно «Расчетные значения оросительных норм с/х культур в бассейнах рек Амударьи и Сырдарьи» (Шредер В.Р, 1969) и приняты бывшим Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР. Расчётная формула имеет следующий вид:

$$M_b = K_1 \times K_2 \times D$$

где:  $M_b$  - оросительная норма-брутто вегетационного периода [мм];

$D$  - дефицит влаги за период апрель-сентябрь ( $D = E_o - P$ ) [мм];

$K_1$  - коэффициент, зависящий от вида возделываемых с/х культур (III-ГМР);

$K_2$  - коэффициент, зависящий от гидрогеологических и почвенно-мелиоративных условий.

**Недостатки:** отсутствие, составляющих процесс полива, величин (поверхностный сброс, глубинная фильтрация, подпитка из грунтовых вод и испарение в процессе полива); отсутствие учёта повышенной минерализации вод на оросительную норму.

В 1979 и 1984 годы В.Р. Шредер предложил «Методику расчета норм водопотребности сельскохозяйственных культур в бассейнах рек Амударьи и Сырдарьи» [15]. Согласно этой методологии, оросительная норма рассчитывается по формуле:

$$M_b = K_1 \times K_2 \times K_3 \times ET_{(cotton)} + R - Ge - P$$

где:  $K_1$  - коэффициент, учитывающий влияние водно-физических свойств почвогрунтов;

$K_2$  - коэффициент, учитывающий глубинное просачивание или дренажный сток;

$K_3$  - коэффициент, учитывающий вид возделываемой с/х культуры;

$ET_{(cotton)}$  - водопотребление хлопчатника;

$$ET_{(cotton)} = (E_o)1.58/31.62;$$

$Ge$  - капиллярная подпитка корнеобитаемой зоны из грунтовых вод [мм];  $R$  - поверхностный сброс [мм].

Данная методика апробирована проектным институтом «Средазгипроводхлопок» и использована при разработке «Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейнов рек Амударьи (1983,1989), Сырдарьи (1987) и Аральского моря (1990)».

В настоящее время единым методологическим подходом является «Методика расчёта биологических оптимальных норм водопотребности сельскохозяйственных культур в Среднеазиатском регионе», разработанная Институтом «Средазгипроводхлопок» (1990) совместно с участием учёных всех стран Центральной Азии. В основу расчётов была положена формула В.Р.Шредера:

$$M_b = K_1 \times K_2 \times D; \quad D = E_o - P$$

Оросительные нормы рассчитывались в зависимости от обеспеченности дефицита водопотребления – « $D$ » ( $P = 25, 50, 75, 95 \%$ ).

**Недостатки:** недоучёт затрат воды на поддержание оптимального водно-солевого режима почв и отсутствие учёта изменений температуры и относительной влажности воздуха в зависимости от степени (года) освоенности территорий.

Результаты анализа установления оросительных норм сельскохозяйственных культур по странам Центральной Азии приводятся ниже:

- Республика Казахстан: «Оросительные нормы сельскохозяйственных культур в Казахстане» (1981,1989) разработаны Казахским научно-исследовательским институтом водного хозяйства (КазНИИВХ). Требования на воду устанавливаются для 5 уровней водопотребления в зависимости от водности года - 5, 25, 50, 75 и 95% обеспеченности.

$$M_n = ET_{crop} - (S_n + Pv)$$

где:  $ET_{crop}$  - водопотребление сельхозкультуры [мм];

$S_n$  - запас продуктивной влаги в начале вегетации [мм];

$$S_n = \mu \times \Sigma P_w$$

$\mu$  - коэффициент накопления и сохранения в почве осенне-зимних осадков;  $\sum P_w$  - сумма осенне-зимних атмосферных осадков [мм].

$P_v$  - атмосферные осадки вегетационного периода, [мм].

**Недостатки:** расчёт оросительных норм приводится для среднемноголетних значений; невозможно рассчитать реальные режимы орошения; отсутствие связи потери урожая от водоподачи в разрезе фазы развития растений.

• **Республика Кыргызстан:**

В условиях Кыргызстана биологически оптимальные оросительные нормы сельскохозяйственных культур определялись по формуле:

$$I_n = ET_{crop} - (S_n + P_{ef} + G_c)$$

где  $ET_{crop}$  - оптимальное водопотребление сельскохозяйственной культуры [мм];

$$ET_{crop} = E_o \times K_c$$

$E_o$  - эталонная эвапотранспирация [мм];

$K_c$  - биологический коэффициент сельскохозяйственной культуры, соответствующий заданному уровню урожайности;

$S_n$  - запас продуктивной влаги в начале вегетации [мм];

$$S_n = \mu \times \sum P_w$$

$\mu$  - коэффициент накопления и сохранения в почве осенне-зимних осадков;  $\sum P_w$  - сумма осенне-зимних атмосферных осадков [мм].

$P_{ef}$  - эффективные атмосферные осадки [мм].

$$P_{ef} = \alpha \times P_v;$$

$\alpha$  - коэффициент использования атмосферных осадков, выпавших в течение вегетационного периода ( $\alpha = 0.80$ );

$P_v$  - атмосферные осадки вегетационного периода [мм].

$G_c$  - капиллярная подпитка из грунтовых вод [мм];

**Недостатки:** недоучёт расхода воды на поддержание необходимого мелиоративного режима; при таком подходе не-

возможно рассчитать нормы орошения при применении новых способов полива; результаты расчёта суммарного водопотребления по данной формуле дают примерные значения.

• **Республика Узбекистан:** Институт «Средазгипроводхлопок» (ныне «Узгипромелиоводхоз») в 1995 г. для расчёта оросительной нормы рекомендовал использовать формулу:

$$M_b = ET_{crop} - (G_c + P_{ef} + W_b)$$

$ET_{crop}$  - водопотребление сельскохозяйственных культур, [мм];

$G_c$  - капиллярная подпитка корнеобитаемой зоны из грунтовых вод, [мм]

$P_{ef}$  - эффективные атмосферные осадки, [мм];

$W_b$  - активные влагозапасы в почве на начало расчётного периода, [мм].

В середине 80-х годов в практике эксплуатационных организаций водного хозяйства Узбекистана при составлении планов водопользования используется методика, разработанная под руководством Н.Ф.Беспалова. Эта методика основывается на формуле В.Р.Шредера и была принята также, Таджикистаном и Туркменистаном.

**Недостатки:** недоучёт динамики солевого режима, невозможность разделения оросительной нормы на составляющие.

• **Республика Таджикистан:** В Таджикистане режимы орошения сельскохозяйственных культур» (Х.Д.Доммуллоджанов и др., 1988) основывается формуле:

$$M_b = (K_1 \times K_2 \times D) \div K_3$$

$M_b$  - оросительная норма - брутто вегетационного периода [мм];

$D$  - дефицит влаги за период апрель-сентябрь [мм];

$$D = E_o - P$$

$P$  - осадки, [мм];

$E_o$  - испаряемость, определяется по формуле Иванова

$$E_o = 0,0018 [100-f] [25+t]^2 0,8$$

где:  $E_0$  – испаряемость за месяц, мм;  
 $f$  – относительная влажность воздуха,  
 %;

$t$  – температура воздуха, °С;

0,8 – коэффициент Молчанова.

$K_1$  - коэффициент, зависящий от вида возделываемых сельхозкультур (при поливе по бороздам), принимаемый по III – ему гидромодульному району;

$K_2$  - коэффициент, зависящий от гидрогеологических и почвенно-мелиоративных условий (обеспечивающий переход от III – его гидромодульного района к условиям других гидромодульных районов).

$K_3$  - коэффициент, учитывающий потери воды на поле (КПД поля).

• **Туркменистан:** В Туркменистане применяются «Поливные режимы сельскохозяйственных культур»(1989). За основу расчёта оросительных норм вегетационного периода принята формула В.Р.Шредера, как и в Таджикистане.

Необходимо отметить, что во всех странах Центральной Азии по настоящему времени используются режимы орошения сельскохозяйственных культур, разработанные 1981 – 1989 годы.

• **Методика ФАО «CROPWAT»** [16]

Отделение земельных и водных ресурсов ФАО [AGLW] разработало компьютерную программу для вычисления водопотребления сельхоз культур и потребностей в оросительной воде по климатическим данным и характеристикам сельхозкультур. «GROPWAT» так называется программа, в основном базирующаяся на методологии, описанной в сборнике ФАО №24 и №56. «GROPWAT» не только вычисляет  $ET_0$  и  $CWR$  [водопотребление сельхозкультур], но также позволяет составить графики полива для различных условий управления, расчёт и схемы водоподачи для различных схем размещения сельхозкультур. Согласно методике ФАО эвапотранспирация определяется по формуле:

$$ET_{crop} = K_0 K_c ET$$

где,  $ET$  - потенциальная эвапотранспирация,  $K_c$  - коэффициент культуры,  $K_0$  - микроклиматический коэффициент,

$K_c ET$  - эвапотранспирация культуры получена по программе CROPWAT (Пенмана-Монтейта) с применением местных коэффициентов водопотребления культуры.

$K_0$  - микроклиматический коэффициент (1,0 - 0,75).

Сопоставительный анализ местных методов с методикой ФАО показал на существование больших отклонений между ними. Значительные расхождения в поливных нормах по некоторым метеостанциям при сравнении методики ФАО с местной, могут быть вызваны неверными назначениями сроков и норм поливов по методике ФАО, а также неверно взятыми коэффициентами  $K_{crop}$ , определение которых требует особых исследований. Немаловажным фактором при сравнительной оценке считается учёт равнозначного уровня урожайности сельскохозяйственных культур.

#### **Недостатки существующих методик:**

Необходимость разработки новых режимов орошения сельскохозяйственных культур также обусловлена существующими недостатками принятой в тот период времени методикой определения оросительных норм и дефицита водного баланса (ДВБ). Эти следующие недостатки:

- При определении испаряемости ( $E_0$ ) не учитывается вертикальная зональность орошаемой территории;
- В расчётах испаряемости относительная влажность воздуха ( $f$ ) принята постоянной величиной равной - 45%;
- Формулы В.Р.Шредера и Н.А.Иванова приемлемы для равнинной и пустынной зоны. В условиях предгорной и горной зоны дают большие погрешности;

- Дефицит водного баланса (ДВБ) должен определяться не на период апрель-сентябрь, а за полный вегетационный период каждой культуры.
- При расчёте  $ДВБ = E_0 - O$  не учитывается эффективная часть атмосферных осадков, а принятие коэффициента  $\mu$  равной 1, даёт большие погрешности.
- Не учитывается ветровой режим и сумма световых часов;

Рекомендуется: учитывая существующие методологические недостатки расчёта оросительной нормы сельскохозяйственных культур, которые были изложены выше и на основе анализа проведённых многолетних и многочисленных исследований по режиму орошения и водопотребления сельскохозяйственных культур в различных почвенно-агроклиматических условиях Республики Таджикистан, нами предлагается следующая поправка. Оросительную норму брутто поля сельскохозяйственных культур необходимо определить по формуле:

$$M_{бр} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 (E_0 - 0) K_b$$

где:  $K_b$  - зональный или высотный коэффициент, равный  $K = 760/\rho$ , где,  $\rho$  - барометрическое давление местности.

В связи с вышеизложенным, для получения достоверных данных и апробации методологических поправок, рекомендуются проведения фактических полевых и лабораторных исследований по установлению режима орошения и водопотребления сельскохозяйственных культур.

Необходимость разработки новых режимов орошения сельскохозяйственных культур на период 2025-2040 годы также основывается на следующих существенных изменениях и факторах, влияющих на них:

- изменение агротехнологии возделывания сельскохозяйственных культур (техкарты, параметры технологии и т.д.);
- изменение районированности сортов, переход от высокорослых культур к

- интенсивным сортам и их состава;
- изменение структуры земле-и водопользования, переход от системы севооборотов к бессистемному и мелкохозяйственным условиям;
- переход от бесплатного к платному водопользованию. Изменение экономических основ водопользования. Переход на рыночные отношения;
- изменение гидрогеологических и других почвенных условий орошаемых участков;
- изменение климатических параметров возделывания сельскохозяйственных культур;
- надвигающийся водный дефицит, изменение водообеспеченности орошаемых земель и водные отношения на межгосударственном и региональном уровне.

Следовательно, при разработке новых режимов орошения сельскохозяйственных культур необходимо усовершенствовать методологию расчёта оросительных норм, дефицита водного баланса, определении эвапотранспирации и режима орошения.

Существующие рекомендации не в полной мере отвечают требованиям водопотребителей и водопоставщиков. Необходимо разработать новые рекомендации, отвечающие современным требованиям интенсивного и экстенсивного развития сельского хозяйства республики, которые требуют проведение комплексных, последовательных и системных научных исследований в области орошаемого земледелия.

Рекомендуется проводить исследования по следующим природно-хозяйственным областям, административным районам и бассейнам рек Таджикистана (табл.1.).

Для системной и последовательной реализации программы НИР принимаются следующие подходы и принципы:

- На всех опытных участках (в 11 административных районах) полевые опыты проводятся одновременно: во времени и пространстве в течение 3 лет;
- Соблюдается единая методология с выбором объекта исследований в соответствии с принципами агроклиматического районирования;
- Состав сельскохозяйственных культур, подбирается на основе рекомендаций Министерства сельского хозяйства Республики Таджикистан (с учётом районированности, значимости и посевной площади сельскохозяйственных культур и т.д.);

**Таблица 1.** Схема проведения полевых исследований в Республике Таджикистан.

Бассейн рек	Природно-хозяйственная область	Административные районы	Место проведения опытов	Кол-во опытов
Нижний Кафирниган	Бохтарская ПХО (АКЗ-1)	Шаритуз, Кабадиен, Чайхун (Кумсангир) (бассейн Вахша), Н.Хусрав	Шаритуз	6
Вахш	Бохтарская ПХО (АКЗ-2)	Дж.Руми, Дусти, Пяндж (бассейн Пяндж) Яван	Яван	6
Вахш	Бохтарская ПХО (АКЗ-3)	Вахшский, Кушониён, Чоми, Хуросон	Кушониён	6
Пяндж	Кулябский ПХО (АКЗ-3):	Кулябский, Восейский, Темурмалик, Дангаринский, Пархарский, Хамадони	Дангара	6
Пяндж	Кулябский ПХО (АКЗ-5):	Ховалингский, Балчувон, Шуробод, Муминобод	Муминобод	4
Кафирниган	Гиссарская ПХО (АКЗ-4):	Гиссарский, Шахринав, Турсунзадевский, Рудаки, Вахдат	Гиссар	6
Сырдарья	Согдийская ПХО (АКЗ-3)	Аштский, Исфаринский, Канибадамский, Б.Гафуров Зафарабадский.	Б.Гафуров	6
Сырдарья	Согдийская ПХО (АКЗ-4):	Матчинский, Д.Расулов Спитамен	Спитамен	6
Сырдарья	Согдийская ПХО (АКЗ-3)	Ура-Тюбинский, Ганчинский, Пенджикентский, Айнинский.	Педжикент	6
Вахш Кафирниган	Гармская ПХО (АКЗ-5)	Гармский, Нуробод, Джиргитальский, Файзабадский	Файзабад	4
Пяндж	Горно-Бадахшанская ПХО (АКЗ-3)	Калайхум, Дарвоз, Ванчский, Рушанский, Шугнанский, Мургоб, Ишкашимский	Рушан	4
Всего:	11	50	11	60

В реализации данной НИР участвуют ГУ «ТаджикНИИГиМ» (головная организация), Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, Институт земледелия, Институт почвоведения ТАСХН, ТАУ им. Ш. Шотемур и Агентство гидрометеорологии КООС при Правительстве Республики Таджикистан.

### Выводы

Режим орошения и водопотребления – основа для водонормирования и вододелиения в стране и регионе Центральной Азии. Режим орошения – основа устойчивого развития и повышения продуктивности сельхозкультур и обеспечения водной и продовольственной безопасности страны.

Оптимальные режимы орошения с/х культур – основа рационального использования водно-земельных ресурсов, основной фактор обеспечения мелиоративного состояния орошаемых земель, также проектирования ГТС. Соблюдение оптимального режима орошения обеспечивает в среднем 30% экономии оросительной воды.

Рекомендуется перейти на планирование водопользования, исходя из показателя расхода воды на единицу продукции на основе разработки и внедрения нового режима орошения сельскохозяйственных культур и водопотребления.

#### Литература

1. Домуллоджанов Х.Д. – Орошение культур хлопкового севооборота в Таджикистане (обзор). НТИ, Душанбе, 1983, 145с.
2. Пулатов Я.Э. Режим орошения кукурузы в Таджикистане //Монография, Душанбе, Изд. «Ирфон», 1995, 231с.
3. Рекомендация «Режим орошения с/х культур в Таджикской ССР» том – 1, 2, «Дониш», Душанбе, 1988г. 246с.
4. Домуллоджанов Х.Д. – Орошение хлопчатника «Ирфон», Душанбе, 1979.
5. Научно-обоснованная система земледелия Таджикской ССР. Изд. «Ирфон», Душанбе, 1984.
6. Пулатов Я. Э. Научные основы режимов орошения зерновых культур в Таджикистане». Док. дис. на соиск. д.с.-х.н., 1996., 465с.
7. Качинский Н.А. Методы механического и микроагрегатного анализа почвы АН СССР –М, 1979.
8. Кутеминский В.Я., Леонтьева Р.С. – Почвы Таджикистана. Изд-во: Ирфон, Душанбе, 1966, вып.1, с.45-54.
9. Методика полевых опытов с кормовыми культурами, ВНИИК, М., 1981, с.158.
10. Методика полевых и вегетационных опытов с хлопчатником в условиях орошения (Союз НИХИ), Ташкент, 1973, 216с.
11. Безбородов Ю.Г. Ресурсосберегающая технология орошения пропашных культур // Доклады ТСХА. Вып.279, ч.2. - М.: ФГОУ ВПО РГАУ-МСХА им.К.А.Тимирязева, 2007. - С. 220-224.;
12. Бэйтс Б.К., Кундцевич З.В., Палютиков Ж.П. Изменение климата и водные ресурсы//Технический документ Межправительственной группы экспертов по изменению климата. Секретариат МГЭИК. -Женева 2008., -228с.
13. Духовный В.А., Сорокин А.Г., Стулина Г.В., Нужно ли думать об адаптации к изменению климата в Центральной Азии? Ташкент, 2008г.
14. Рахимов С.Н.Влияние изменения климата на водные ресурсы Центральной Азии, Душанбе, 2008.
15. Шредер В.Р. и др. – Расчетные значения оросительных норм сельскохозяйственных культур в бассейне р. Сырдарья и Амударья. Ташкент. 1970.
16. Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. Crop Evapotranspiration: Guideline for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56; FAO-Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome: Rome, Italy, 1998.

## ЗАРУРИЯТИ ТАҲИЯИ РЕҶАИ НАВИ ОБЁРӢ ЗИРОАТҲОИ КИШОВАРЗӢ ДАР ШАРОИТИ ТАӢФИРӢБИИ ИҚЛИМИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

Пулатов Я.Э.<sup>1,\*</sup>, Азизов Д.Н.<sup>1</sup>, Пулатов Ш.Я.<sup>2</sup>, Исаев Ч.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

<sup>2</sup>Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Шириншоҳ Шотемур

\*Муаллифи масъул. E-mail: tj\_water@mail.ru

**Шарҳи мухтасар:** Дар мақола зарурати таҳияи реҷаи нави обёрӣ дар шароити тағйирёбии иқлим асоснок карда шуда, камбудии асосии баҳисобгирии реҷаи обёрӣ ва усулҳои таъмини об дар Тоҷикистон ва кишварҳои Осӣи Марказӣ нишон дода шудааст. Таҳқиқоти сахрой ва назариявӣ барои оптимизатсияи реҷаи обёрӣ ва муқаррар кардани сарфи умумии оби зироатҳои кишоварзӣ дар тамоми минтақаҳои агроиқлимӣ, минтақаҳои хоку гидрогеологӣ ва минтақаҳои гидромодуль дар шароити минтақаҳои маъмурӣ ва ҳавзаи дарёҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон асоснок карда шудаанд. Асоси методологии гузаронидани тадқиқоти нав бо назардошти тағйироти нави воришуда нишон дода шудааст.

**Калидвожаҳо:** захираҳои об; реҷаи обёрӣ, сарфи об, методология, минтақаи гидромодуль, минтақаи агроиқлимӣ, минтақаи хоку гидрогеологӣ, истифодаи об; мувозанати об, меъёрӣ обёрӣ, тағйирёбии иқлим.

## NECESSITY OF DEVELOPING A NEW IRRIGATION MODE FOR AGRICULTURAL CROPS UNDER CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE IN THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN

**Pulatov Ya.E.<sup>1,\*</sup>, Azizov D.N.<sup>1</sup>, Pulatov Sh.Ya.<sup>2</sup>, Isaev J.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology, National Academy of Sciences of Tajikistan*

<sup>2</sup>*Tajik Agrarian University named after Sh. Shotemur*

\*Corresponding author. E-mail: tj\_water@mail.ru

**Abstract.** *The article presents the results of research on the necessity of developing a new irrigation regime in the context of climate change. It also points out the main existing shortcomings in calculating the irrigation regime and water regulation methods in Tajikistan and Central Asian countries. The need to conduct both field and theoretical studies to optimize the irrigation regime and establish the total water consumption of agricultural crops in all agroclimatic zones, soil-hydrogeological regions and hydromodular regions in the context of administrative regions and river basins of the Republic of Tajikistan is substantiated. The methodological basis for conducting new studies is presented, considering the new amendments.*

**Key words:** *water resources; irrigation regime, water consumption, methodology, hydromodular region, agroclimatic zone, soil-hydrogeological region, water use; water balance deficit, irrigation norm, climate change.*

**Сведения об авторах.** Пулатов Яраш Эргашевич – Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, заведующий отделом управления водными ресурсами и водосбережения, Заслуженный работник Таджикистана, Иностраннный член Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор. Тел: (+992)111177556. Эл.почта: tj\_water@mail.ru; Азизов Далер Нематжонович – Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, научный сотрудник отдела управления водными ресурсами и водосбережения, Тел.: (+992)987761004, E-mail: dalerazizov220888@gmail.com; Исаев Джамшед Алимджанович – Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, старший научный сотрудник научно-аналитического и информационного сектора.Тел.: (+992)935347834, Эл.почта: isajam@mail.ru; Пулатов Шавкат Ярашович - кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой мелиорации, рекультивации и охраны земель Таджикского аграрного университета имени Ш.Шотемура. Тел: +992919000660, E-mail:Sh\_Pulatov@mail.ru.

**Маълумот дар бораи муаллиф.** Пулатов Яраш Эргашевич - Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, мудири шӯъбаи Идоракунии захираҳои об ва обсарфанамои, корманди шоистаи Тоҷикистон, узви хориҷии Академияи илмҳои Русия, доктори илмҳои кишоварзӣ, профессор. Тел.: (+992)111177556, E-mail: tj\_water@mail.ru; Азизов Далер Нематжонович– Институти проблемаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, ходими илми шӯъбаи идоракунии захираҳои об ва обсарфанамои, Тел: (+992) 987761004. E-mail: dalerazizov220888@gmail.com; Пулатов Шавкат Ярашович – номзоди илмҳои техникаи, дотсент, мудирикафедраи мелиоратсия, таҷдидсозӣ ва ҳифзи заминҳои Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш. Шотемур, Тел.: (+992)919000660, E-mail: Sh\_Pulatov@mail.ru; Исаев Джамшед Алимджанович - Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, ходими калони илми бахши илмӣ-таҳлилий ва иттилоотӣ, Тел.: (+992) 935347834, E-mail: isajam@mail.ru.

**Information about the authors.** Pulatov Yarash Ergashevich – Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Head of the Department of Water Resources Management and Water Use, Foreign Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Phone.: (+992)111177556, E-mail: tj\_water@mail.ru; Azizov Daler Nematzhonovich – Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, researcher at the Department of Water Resources Management and Water Use , Phone.: (+992) 987761004, E-mail: dalerazizov220888@gmail.com; Pulatov Shavkat Yarashovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Land Reclamation, Recultivation and Land Protection of the Tajik Agrarian University named after Sh. Shotemur. Phone.:(+992)919000660, E-mail: Sh\_Pulatov@mail.ru; Isaev Jamshed Alimdzhanovich - Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Senior Researcher at the Scientific-Analytical and Education Unit, Phone.: (+992) 935347834, E-mail: isajam@mail.ru

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ КАРТ РЕЛЬЕФА И ГИПСОМЕТРИЧЕСКОЙ КАРТЫ ЯВАНСКОГО РАЙОНА

Сосин П.М.<sup>1,\*</sup>, Шаймурадов Ф.И.<sup>1</sup>, Махмудов А.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ

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

**Аннотация.** В статье приводятся результаты исследования по внедрению ГИС – технологии для оценки почвенных ресурсов Таджикистана на примере Яванской долины. В программе Excel создан банк данных физико-химических свойств почв. Выполнена векторизация топографических карт и почвенной карты в системе ГИС. Впервые в Таджикистане по Яванскому району создана серия карт 1:50000 масштаба (карта уклонов, экспозиции склонов и гипсометрическая карта орошаемой и богарной зоны). Данные карты, которые наряду с созданными впервые картами климатических ресурсов, составили основу графического банка данных. Данные исследования дают возможность наиболее полно оценить качественное состояние и возможности более рационального использования земельных ресурсов особенно в богарной зоне являющейся наиболее уязвимой в условиях изменения климата и антропогенного воздействия.

**Ключевые слова:** ГИС технологии, банк данных, DEM-цифровая матрица рельефа, составление карт, рельеф, экспозиция, уклон.

### Введение

Являясь горной страной, Таджикистан обладает ограниченными земельными ресурсами и сложными природными условиями: разнообразием ландшафтов, климатических зон и почвенного покрова. Поэтому, инвентаризация почвенных ресурсов вызывает необходимость получения оперативной, всесторонней и качественной оценки состояния почвенного покрова. Старые методы картографирования почв, которые используются до настоящего времени, не отвечают современным требованиям, предъявляемым к данным работам. В первую очередь это связано с тем, что в настоящее время это дорогостоящие, требующие больших трудозатрат работы. Во-вторых, почвенное обследование земель сопряжено с длительным сроком его выполнения, что не всегда позволяет своевременно выявить произошедшее качественное изменение почв, особенно свойств, подверженных быстрому изменению в условиях возросшей антропогенной нагрузки. Кроме этого в Таджикистане нами в системе ГИС впервые выделены ареалы почв, форми-

рующиеся на склонах разной экспозиции, а также выделены территории склонов имеющих разную крутизну.

Применение ГИС технологий дает возможность систематизировать большой объем всевозможной информации по почвам Таджикистана (картографический, аналитический, литературный) накопленный разными организациями и ведомствами в прошлом и создать единый централизованный банк цифровых и графических данных. Это позволит оперативно извлекать необходимую информацию, вносить текущие изменения и всесторонне анализировать имеющийся материал о почвенном покрове и факторах, влияющие на его изменение. Кроме этого, использование ГИС позволяет корректировать карты земельных ресурсов (информация которых устарела) с использованием материалов дистанционного зондирования (ДЗ), которые позволяют получать экспресс информацию о состоянии почвенного покрова и решать прогнозные вопросы по направленности и скорости изменения почв.

Необходимость и актуальность применения геоинформационных систем (ГИС) в сельском хозяйстве отмечалось рядом исследователей [1,2,3]. В Таджикистане, использование ГИС технологии для инвентаризации земельных ресурсов делает только первые шаги. В этом направлении нами впервые выполнена работа с применением ГИС в рамках разработанной научной тематики.

#### **Объект исследования**

С целью адаптации существующих в мировой практике систем ГИС технологий для условий республики нами, в качестве экспериментального полигона, был взят Яванский район. Выбор этот не случаен и обусловлен разнообразием почвенно-мелиоративных условий. В границах района выделяются несколько типов почв, богарные и орошаемые земли, почвы с разной степенью засоления, широко распространены эродированные почвы, в том числе ирригационная эрозия, различные виды землепользования. Кроме этого значительная амплитуда абсолютных высот 450-1920м обуславливает контрастные климатические условия формирования почв. Особенно контрастность выражается в различие гидротермических условий почв формирующихся на диаметральных экспозициях склонов- северных и южных, а также на склонах разной крутизны обладающих разной степенью эрозии. В долине формируются сероземы обыкновенные. На вершине хребта Каратау распространены горные коричневые выщелоченные почвы.

#### **Материалы и методика исследований**

В работе использованы следующие материалы:

-Почвенная карта м-ба 1: 50 000 на территорию Яванского р-на (1986г выпуска) с расположением почвенных шурфов.

-Многозональный (МНЗ) космический снимок со спутника «ASTER», который был использован для автоматического дешифрирования почвенного покрова,

с использованием существующего в программе Arc GIS для этого набора инструментов.

Для создания систем оперативного извлечения цифровых данных использовалась программа Access.

-Для составления гипсометрической карты, карт уклонов и экспозиции склонов, использован существующий в программе Arc GIS набор инструментов. В начале, была создана цифровая модель местности (DEM), а потом уже на ее основе данные карты.

Географическая привязка картографического материала и почвенных разрезов, а также векторизация (оцифровка) топокарт, почвенной карты, почвенных разрезов, выполнялась с использованием программы Arc GIS- 9.2.

#### **Методика работ**

Банк данных (БД) является одним из важных атрибутов, при использовании ГИС технологий для составления карт земельных ресурсов. Создание графического БД- это сложный и трудоемкий процесс.

В нашем случае, для дальнейшей работы с графическим БД и оперативным извлечением необходимой информации, необходимо было создать систему где данные с Excel были конвертированы в другой формат- Acces. Графический (картографический) БД-включает в себя отсканированные, географически привязанные и отвекторизованные (оцифрованные) тематические карты и КС. Он также систематизирован в виде шейп файлов и ГИС слоев. В ГИС есть возможность создавать шейп файлы, совмещая графическую информацию с местоположением почвенных разрезов и т.д. Нами завершено создание системы оперативного извлечения необходимой графической и цифровой информации из БД на Яванский район. Это позволяет оперативно получать нужную информацию с тематических карт, хранящихся в оцифрованном

виде в БД компьютера, а также перейти на новый этап использования ГИС технологий- к анализу факторов почвообразования и к созданию новой, откорректированной почвенной карты на основе КС.

### Составление тематических карт в системе ГИС

При составлении карт земельных ресурсов, в первую очередь, нами было решено сконцентрироваться на векторизации уже существующей почвенной карты, нуждающейся в коррекции, а также на составлении вспомогательных при ее уточнении - факторных карт (гипсометрических, крутизны поверхности, экспозиции склонов, и т.д.). Составление любых карт основано, в первую очередь, на топографических картах. С этой целью нами, для северной части Яванского района, впервые, сделана векторизация топографических карт. А для юга долины применена

цифровая модель рельефа (SRTM) с разрешающей способностью 90 м. Следует отметить, что использование цифровой модели рельефа для составления карт земельных ресурсов и сопутствующих карт в масштабе 1:50000 вполне приемлемо. Изогипсы проведены через 20 и 50 метров. Но для составления карт 10000 масштаба и более крупного, для векторизации необходимо использовать топооснову соответствующую принятому масштабу. Поскольку выявление структуры почвенного покрова (СПП) для горных регионов во многом зависит от рельефа местности. Позже на

оцифрованную топографическую карту была привязана почвенная карта и почвенные разрезы.

### Гипсометрическая карта

Размещение сельскохозяйственных культур напрямую связано с климатическими ресурсами, которые изменяются в зависимости от абсолютной высоты местности. С высотой происходит снижение температуры воздуха, увеличение атмосферных осадков и смена типов и подтипов почв. Исходя из этого, нами в Arc GIS, создана гипсометрическая карта, где изогипсы проведены через 20м, 50м, 100м и 200м. Это позволяет выделить как границы почвенных разностей, так и территории с идентичными климатическими ресурсами. (рисунок 1). Особое значение для размещения сельскохозяйственных культур имеет сумма эффективных температур больше 100 С [1].



Рисунок 1. Карта гипсометрии.

### Карта уклонов местности

Используя векторизованную топооснову, нами впервые сделана карта уклонов с применением ГИС технологии. Уклоны выделены, в программе Arc GIS по следующим градациям: уклон до 0,1 = до 6°; уклон 0,1 – 0,2 = 6°-11°; уклон 0,2 – 0,4 = 11°-22°; уклон больше 0,4 = больше 22°. Градация уклонов была принята для Республики Таджикистан Министерством Мелиорации и Водного Хозяйства и используется до сих пор. При картографировании почв институтом “Таджикгипрозем” уклоны выделялись вручную с использованием топографических карт. Богарные земли с уклоном до 0,1 используются под посевы зерновых колосовых культур с соблюдением противоэрозионных мероприятий. Земли с уклоном 0,1-0,2 необходимо использовать под сады и виноградники с выращиванием

многолетних трав (люцерна, эспарцет) в междурядьях. Более крутые территории с уклоном 0,2-0,4 используются с террасированием, как правило, также под сады и виноградники с подсевом многолетних трав. Земли с уклоном более 0,4 необходимо использовать под пастбища и сенокосы. Выделение уклонов в ГИС дает более точные результаты, по сравнению с их выделением ручным способом на топооснове, а также значительно сокращает время на изготовление карт уклонов. Полученные сведения по уклонам местности позволяют более объективно оценить набор и размещение сельскохозяйственных культур, оценить экономические затраты, связанные с использованием или освоением земель с разными уклонами. В зависимости от крутизны склонов зависит набор противоэрозионных и природоохранных мероприятий (рисунки 2).

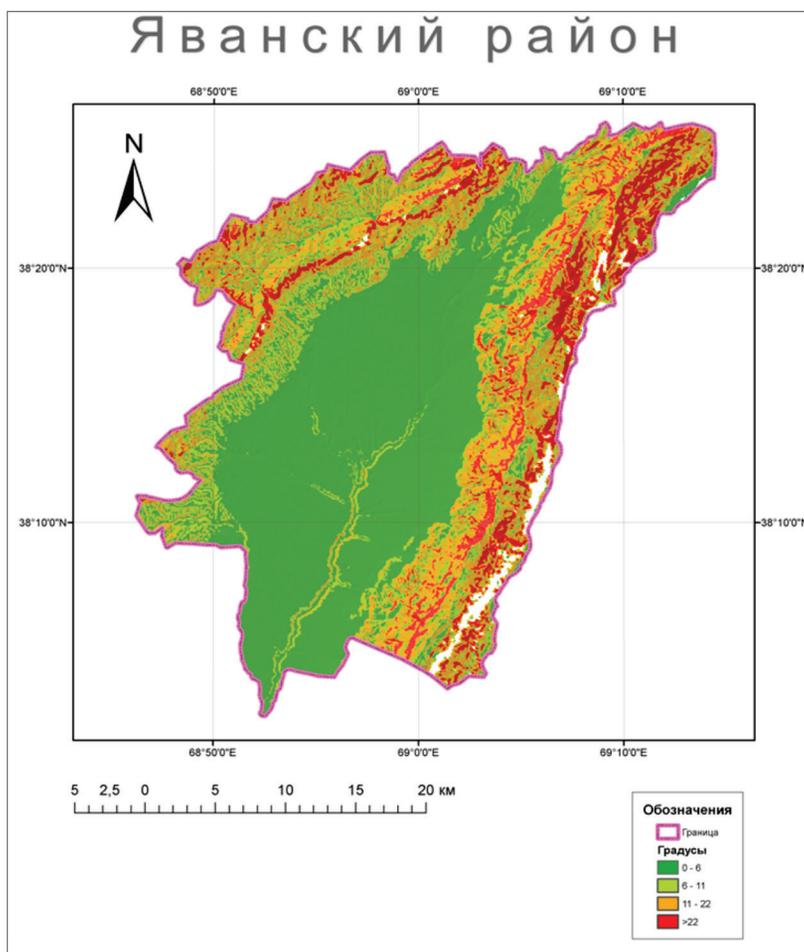


Рисунок 2. Карта уклонов.

### Карта экспозиции склонов

В практике изготовления почвенных карт институтом «Таджикгипрозем» экспозиция склонов не принимается во внимание и не картографируется. Хотя почвы на склонах разных экспозиций, формируясь в разных гидротермических условиях, имеют разную мощность почвенного профиля, разное содержание гумуса, карбонатов, запасов влаги и обладают разным плодородием. Почвы, формирующиеся на южных и северных экспозициях, отличаются разным гидротермическим режимом, эродированностью и плодородием. Поэтому на одной и той же высоте, но на разных экспозициях склонов почвы относятся к разным подтипам в низкогорной зоне и типам в средней и высокогорной зоне [4,5]. Используя различия богарных почв разных экспозиций можно опти-

мально подходить к выбору и размещению сельскохозяйственных культур и сортов. К тому же это позволяет уточнить классификационное положение почв и структуру почвенного покрова, а также скорректировать почвенную карту, изготовленную традиционным способом без учета экспозиций. Вопросы влияния климатических факторов на формирование высотной поясности почв неразрывно связано с локальными гидротермическими условиями усложняющих структуру почвенного покрова на склонах разной крутизны и экспозиции. [6,7].

Учитывая практическую важность выделения экспозиции склонов, нами впервые для Таджикистана сделана карта экспозиций с использованием ГИС технологий (рисунок 3).

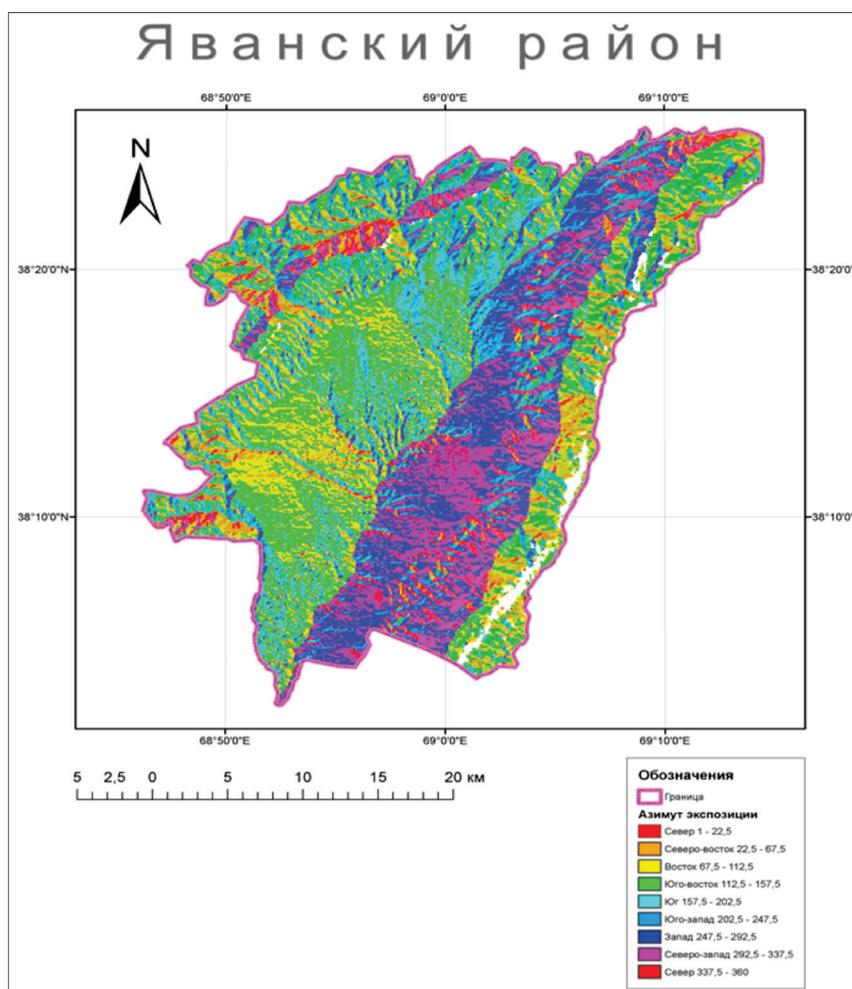


Рисунок 3. Карта экспозиции склонов.

### **Составление электронного варианта (оцифровка) почвенной карты.**

Первым и неотъемлемым этапом работ по составлению электронного варианта почвенной карты является ее векторизация (отсканированного, затем географически привязанного варианта) Векторное (цифровое) представление почвенных карт в рамках ГИС позволяет получать информацию как визуально для интерактивной работы, так и для дальнейших расчетов (площади засоления, типов почв, эродированности и т.д.). Кроме этого, оцифровка почвенной карты и их географическая привязка, позволяет совмещать их с факторными картами (климатическими, землепользования, карты уклонов, карты экспозиции склонов, топографическими), а также с материалами ДЗ [8,9].

#### **Выводы**

1. Использование ГИС-технологий является основой развития технического прогресса в сфере сельскохозяйственного производства и особенно картографирования почвенного покрова. Это касается оперативной корректировки границы почвенных разностей на существующих картах с использованием материалов ДЗ, ввода новых данных о быстро изменяющихся природных процессах, всестороннего анализа цифровых и графических материалов, прогноза изменения почвенного покрова при изменении климата и антропогенной нагрузки на окружающие ландшафты. При этом, традиционные методы картографирования почв, не теряют своей значимости, но могут быть значительно сокращены и использованы на ключевых участках при крупномасштабном картировании и дешифровки почвенного покрова на космических снимках.

2. Создание банка графических данных позволяет решать большой круг задач для разных пользователей - от конкретных практических задач земле-

пользователей, до комплексного научного анализа, прогноза и планирования. С учетом вышесказанного, в перспективе, многофункциональная и оперативная работа с графическим БД возможна после разработки общей взаимоувязанной кодировки всей информации по почвам. Как в разрезе фермерских хозяйств, джамоатов, районов так и в целом по Таджикистану.

3. Для более объективного выделения границ распространения типов и подтипов почв, при их закономерной смене с высотой местности и экспозиции склонов необходимо использовать данные крупномасштабных карт по климатическим ресурсам [1]. Они позволяют более точно определить климатический потенциал территории Яванского района, решать вопросы оптимального размещения сельскохозяйственных культур, особенно в богарной зоне. Поэтому, существующие подходы, ГИС технологий, используемые для равнинных территорий, не могут быть целиком заимствованы и применены для горных районов и орошаемых земель Таджикистана.

#### **Литература**

1. Сосин П.М., Некушоева Г.А., Мирзохонова С.О., Курбонов Н.Б. Разработка методологии оценки климатических ресурсов с применением ГИС технологий. Водные ресурсы, энергетика и экология, 2023/№3 (4), с.9-18.
2. Савин И.Ю. Инвентаризация почв с использованием ГИС-технологий// Почвоведение-2003, №10,-С.1189-1196.
3. Южаков А.И., Добротворская Н.И. Система экспертной оценки сравнительной продуктивности почв с использованием ГИС-технологий. Там же, с. 107-110.
4. Степанов И.Н. Эколого географический анализ почвенного покрова Средней Азии. Изд. Наука, Москва,1975, 168 с.
5. Керимханов С. У. О влиянии экспозиции склонов на размещение почв в горном Дагестане. Почвоведение,1973, №2, с.3-10.
6. Finaev A.F., Sosin P.M., 1999. Soils with Mediterranean Type of Climate: East Part of Central Asia. 6th International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate. 4-9 July

1999. Barcelona. (Ed. J. Bech). University of Barcelona, p. 415-417.
7. Сосин П.М., Финаев А.Ф. Климатические условия формирования почв средиземноморского субтропического типа. Археология и палеоэкология Евразии. Новосибирск, 2004, с. 348-350.
8. Кравцова В.И. Визуально- измерительное дешифрирование многозональных аэро- и космических сканерных снимков // Космическая съемка и тематическое картографирование. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1979, с.25-33.
9. Симакова И.Ю. Аэрокосмические методы в почвоведении. // Почвоведение, 2002, №7, с. 806-816.

## ИСТИФОДАИ ТЕХНОЛОГИЯИ ГИС БАРОИ ТАРТИБ ДОДАНИ ХАРИТАҲОИ РЕЛЕФӢ ВА ХАРИТАҲОИ ГИПСОМЕТРИИ НОҲИЯИ ЁВОН

Сосин П.М.<sup>1,\*</sup>, Шаймурадов Ф.И.<sup>1</sup>, Махмудов А.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

\*Муаллифи масъул. E-mail: tj\_water@mail.ru

**Шарҳи мухтасар.** Дар мақола натиҷаҳои тадқиқот оид ба таъбиқи технологияи GIS барои арзёбии захираҳои хок дар Тоҷикистон бо истифода аз водии Ёвон ҳамчун намуна оварда шудааст. Дар Excel базаи хосиятҳои физикӣ ва химиявӣ хок таъкил карда шуд. Векторизатсияи харитаҳои топографӣ ва харитаи хок дар системаи GIS анҷом дода шуд. Бори аввал дар Тоҷикистон барои райони Ёвон силсилаи харитаҳои микъёси 1:50000 (харитаи нишеби, харитаи экспозицияи нишеби ва харитаи гипсометрии минтақаҳои обҷеришаванда ва лалмӣ) тартиб дода шуд. Ин харитаҳо дар баробари харитаҳои аввалини захираҳои иқлимӣ асоси базаи графикиро таъкил доданд. Ин тадқиқот имкон медиҳад, ки ҳолати сифат ва имкони истифодаи оқилонаи захираҳои замин, махсусан дар минтақаи лалмӣ, ки ба тағйирёбии иқлим ва таъсири антропогенӣ беиштар осебпазир аст, нурратар арзёбӣ карда шавад.

**Калидвожаҳо:** Технологияҳои GIS, бонки маълумот, матритсаи рельефи рақамии DEM, харитасозӣ, рельеф, ҷанба, нишеб.

## APPLICATION OF GIS TECHNOLOGY FOR TOPOGRAPHIC AND HYPSOMETRIC MAPPING OF THE YAVAN DISTRICT

Sosin P.M.<sup>1,\*</sup>, Shaimuradov F.I.<sup>1</sup>, Makhmudov A.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan

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

**Abstract.** This article presents the results of a study on application of GIS - technologies for assessing soil resources of Tajikistan, Yavan district taken as a case study. A database of physical and chemical properties of soils was created in Excel. Topographic and soil maps were vectorized in GIS along with maps created for the first time (series of climate resources maps of the valley, hypsometric maps, slope and slope exposure) form the basis of a vector data base.

**Keywords:** GIS technologies, data bank, DEM-digital relief matrix, mapping, relief, aspect, slope.

**Маълумот оид ба муаллифон.** Сосин Петр Михайлович- ходими калони илмии лабораторияи моделкунонии захираҳои об ва равандҳои иқлимӣ Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел.: (+992) 91 900 1725, E-mail: psosin46@mail.ru; Шаймурадов Фирдавс Иноятович – Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, ходими пешбари илмии озмоишгоҳи сифати об ва экология, номзади илмҳои техникӣ. Тел: +992 888888220, E-mail: sh.firdavs-80@mail.ru.

**Сведения об авторах.** Сосин Петр Михайлович- старший научный сотрудник лаборатории моделирования водных ресурсов и климатических процессов Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, Тел.:(+992) 91 900 1725, E-mail: psosin46@mail.ru; Шаймурадов Фирдавс Иноятович – Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, ведущий научный сотрудник лаборатории качества воды

и экологии, кандидат технических наук. Тел: +992 888888220, E-mail: sh.firdavs-80@mail.ru; Махмудов Абдувосит Нозирович-Ходими илмии лабораторияи моделкунонии захираҳои об ва равандҳои иқлим, Институти масъалаҳои об гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, Тел.: (+992)938488786, E-mail: abduvosit88makhmudov@gmail.com

**Information about the authors.** Sosin Piotr Mikhailovich - Senior Researcher at the Laboratory of Modeling of Water Resources and Climatic Processes of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Tel.: (+992) 91 900 1725, E-mail: psosin46@mail.ru; Shaimuradov Firdavs Inoyatovich – Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, leading researcher of laboratory of water quality and ecology, candidate of technical sciences. Тел: (+992) 888888220, E-mail: sh.firdavs-80@mail.ru; Makhmudov Abduvoisit Nozirovich - Fellow Researcher at the Laboratory of Modeling of Water Resources and Climatic Processes of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Tel.: (+992)938488786, E-mail: abduvosit88makhmudov@gmail.com.

## СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ В ТАДЖИКИСТАНЕ: ТЕХНОЛОГИИ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ

Рахмонов Ш.С.<sup>1,\*</sup>, Хасанзода Б.М.<sup>1</sup>,  
Гулахмадзода А.А.<sup>1</sup>, Давлатшоев С.К.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ

\*Автор-корреспондент. E-mail: rahmonov0294@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены теоретические и прикладные аспекты использования солнечных панелей в Республике Таджикистан. Проанализированы история развития солнечной энергетики, основные типы и материалы солнечных панелей, современные технологии и подходы к их применению. В аналитической части выполнены расчёты эффективности генерации электроэнергии солнечными системами и их экономической окупаемости с учётом климатических и экономических особенностей региона. Рассчитан экологический эффект от замещения традиционных энергоносителей солнечной энергетикой. На основе полученных данных сформулированы конкретные рекомендации по развитию и внедрению солнечной энергетики в Таджикистане.

**Ключевые слова:** солнечные панели, современные технологии, основные типы и материалы, генерация.

**Введение.** Рост мирового энергопотребления и ускоряющиеся климатические изменения требуют срочных мер по переходу на устойчивые и экологически безопасные источники энергии. Одним из наиболее перспективных направлений в этом контексте является солнечная энергетика, основанная на преобразовании солнечного излучения в электрическую энергию с помощью солнечных панелей.

По данным Международного энергетического агентства (IEA), солнечная энергетика является самым быстрорастущим сегментом среди всех источников возобновляемой энергии. Это обусловлено как природной доступностью солнечного света, так и существенным прогрессом в области фотоэлектрических технологий. Современные солнечные панели способны эффективно работать даже при рассеянном свете и в условиях умеренного климата.

Республика Таджикистан характеризуется континентальным климатом и большим числом солнечных дней в году (около 260-300) [1]. Географические особенности (горы Памира и Гиссарского хребта) делают территорию страны перспективной для фотоэлектрических

установок. В то же время энергетический сектор Таджикистана практически полностью (около 95–98%) базируется на гидроэнергетике[2]. Общая установленная мощность возобновляемых источников в стране (в основном ГЭС) к 2024 г. превысила 5,7 ГВт [3], что обеспечивает около 98% вырабатываемой электроэнергии. Такие показатели ставят Таджикистан на шестое место в мире по доле «зелёной» электроэнергии[4].

Однако зависимость от гидроэнергии имеет серьёзные риски: в засушливые годы и зимой из-за малого стока водохранилища испытывают дефицит электроэнергии, особенно в сельской местности. В 2023 г. страна выработала 21,8 млрд кВт·ч (в основном на ГЭС), но распределение энергии неравномерно, и жители сёл получают электричество по графику (8-10 часов в сутки зимой). Около 10% населения (примерно 1 млн человек) вообще не имеют круглосуточного электроснабжения, проживая в высокогорных отдалённых районах[5].

В то же время Таджикистан находится в «золотом поясе» солнечной активности, с потенциальной инсоляцией до 3166 часов в год и около 300 ясных дней[6].

Предварительные расчёты Минэнерго республики оценивают годовой энергетический потенциал солнца в  $\sim 3,103 \times 10^{12}$  кВт·ч [7], чего достаточно для существенной компенсации зимнего дефицита электроэнергии. Несмотря на этот потенциал, солнечная энергия пока практически не используется: к 2024 г. в стране насчитывалось всего несколько сотен микро/мини-солнечных установок общей мощностью единиц кВт [8].

Цель настоящей работы — комплексно оценить перспективы применения солнечных панелей в Таджикистане. Разработан теоретический обзор (история, типы и материалы панелей, ключевые технологии), выполнен аналитический расчёт выработки и окупаемости при местных условиях, а также проведена эколого-экономическая оценка, после чего даны рекомендации для дальнейшего развития отрасли.

Кроме того, государства активно внедряют программы поддержки: субсидии, налоговые льготы и гарантии на выкуп излишков электроэнергии. Это стимулирует развитие сектора и способствует росту числа установок.

Таким образом, солнечная энергетика становится неотъемлемой частью устойчивой энергетической системы будущего. Её интеграция в национальные энергетические стратегии является приоритетной задачей для многих стран, в том числе и для Таджикистана, обладающего благо-

приятными климатическими условиями и высоким уровнем инсоляции.

**Климатический потенциал Таджикистана** играет ключевую роль в развитии возобновляемых источников энергии, в частности солнечной энергетики. Географическое расположение страны, наличие горных массивов и засушливый климат создают благоприятные условия для использования солнечного излучения в энергетических целях.

На основании многолетнего исследования были определены основные климатические характеристики Таджикистана:

- среднегодовая продолжительность солнечного сияния составляет от 2500 до 3100 часов в год;
- суммарная солнечная радиация варьируется от 1200 до 1800 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год в зависимости от региона;
- среднегодовая температура воздуха колеблется от +17 °С в низменностях до -7 °С в высокогорьях;
- относительно низкая облачность, особенно в южных и центральных районах страны;
- количество осадков варьируется от 70 мм в южных пустынных районах до 1500 мм в горных зонах.

Также по географическим зонам и административным областям Таджикистана были определены потенциал солнечной энергии (таблица 1):

**Таблица 1.** Климатический потенциал Таджикистана по административным областям.

Область	Среднегодовая солнечная радиация (кВт·ч/м <sup>2</sup> )	Солнечное сияние (часов в год)	Комментарий
Хатлонская область	1500–1800	2800–3100	Самый высокий потенциал, особенно в районах Бохтар, Шаартуз, Кубодиён.
Республиканские подчинённые районы (РРП)	1400–1700	2600–3000	Районы Рудаки, Вахдат и Файзабад — отличные условия для установки солнечных станций.
Согдийская область	1300–1600	2400–2800	Потенциал умеренный; наиболее благоприятны южные районы (Истаравшан, Бободжон-Гафуров).

Область	Среднегодовая солнечная радиация (кВт·ч/м <sup>2</sup> )	Солнечное сияние (часов в год)	Комментарий
Горно-Бадахшанская автономная область (ГБАО)	1200–1600	2500–3000	Высокогорье с чистым воздухом, идеально для малых автономных солнечных установок.
г. Душанбе	1350–1600	2500–2700	Благоприятные условия для городской солнечной инфраструктуры.

- на большей части территории Таджикистана интенсивность солнечного излучения позволяет эффективно использовать солнечные панели с высоким КПД.

- южные районы, такие как Хатлонская область и юг района Рудаки, имеют особенно высокий потенциал для размещения солнечных электростанций.

- высокогорные районы с чистым воздухом и меньшей пылевой нагрузкой также подходят для установки фотоэлектрических систем.

В таблице 2. приведены сравнительные характеристики климатического потенциала Таджикистана с другими странами региона.

Таблица 2. Сравнение с другими странами региона.

Страна	Среднегодовая солнечная радиация (кВт·ч/м <sup>2</sup> )	Часы солнечного сияния в год
Таджикистан	1200–1800	2500–3100
Узбекистан	1400–1800	2700–3200
Кыргызстан	1300–1600	2400–3000
Казахстан	1300–1800	2200–3000

Подробная экономическая модель. Экономическая эффективность солнечных панелей зависит от начальных ин-

вестиций, тарифов на электроэнергию, субсидий и срока эксплуатации оборудования (таблица 3).

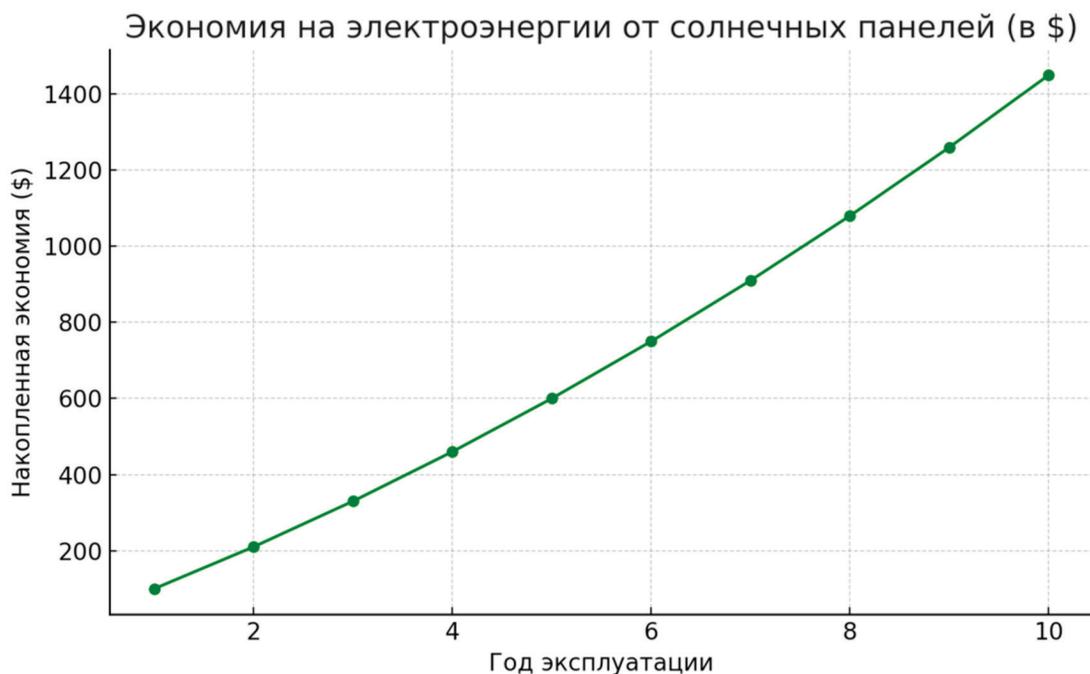
Таблица 3. Основные параметры модели (домохозяйство).

Показатель	Значение
Средняя стоимость установки	\$1500 – \$2500
Среднегодовая генерация	2500–3000 кВт·ч
Тариф на электричество	\$0.04/кВт·ч
Ежегодная экономия	\$100–120
Срок окупаемости	10–13 лет
Срок службы панели	до 25–30 лет

Произведён расчёт экономической эффективности (рисунок 1):

Допустим, установка системы стоит \$2000. При средней экономии \$120 в год:  
 - срок окупаемости=2000/120≈16.7 лет  
 - однако с учётом:

- государственных субсидий (до 30%)
- роста тарифов
- продажи излишков в сеть (NetMetering) реальный срок может сократиться до 9–11 лет.



**Рисунок 1.** График экономии электроэнергии от солнечных панелей.

**Таблица 4.** Альтернатива дизель-генератору.

Параметр	Солнечная система	Дизель-генератор
Стоимость топлива	\$0	\$300/год
Техническое обслуживание	\$20/год	\$100/год
Срок службы	25 лет	10 лет
Уровень шума и выбросов	Низкий	Высокий

Влияние на экологию. Переход на солнечную энергетику оказывает существенное положительное влияние на окружающую среду. В условиях Таджикистана, где часть потребителей по-прежнему зависит от дизельных генераторов и угля в отдалённых регионах, замена этих источников на солнечные панели позволяет сократить выбросы парниковых газов, загрязнение воздуха и уровень шума.

Использование солнечной энергии существенно снижает выбросы  $\text{CO}_2$ . По данным NREL, при генерации 1 МВт-ч на газовой ТЭЦ выбрасывается ~ 1071 фунт  $\text{CO}_2$ , тогда как у солнечных панелей суммарные эмиссии около 95 фунт/МВт-ч. То есть замена газа на солнечную энергию экономит примерно 0.43 т  $\text{CO}_2$  на каждую произведённую МВт-ч. В практическом

масштабе 1 акр (~4047 м<sup>2</sup>) солнечной фермы даёт ~394-447 МВт-ч в год и сокращает выбросы на 175-198 тонн  $\text{CO}_2$  ежегодно. Для сравнения, аналогичная площадь леса поглощает лишь ~0.84 т  $\text{CO}_2$ /год[9].

Помимо углерода, солнечная энергетика не расходует значительные объёмы воды (в отличие от тепловых станций) и исключает загрязнение воздуха от сжигания топлива. Главной экологической проблемой остаётся утилизация панелей: по оценкам, к 2030 г. накопится порядка 8 млн тонн отработанных модулей. Современные технологии переработки не охватывают всех компонентов, и ценные материалы (силикон, серебро, медь) часто не возвращаются в оборот [10] Эти вопросы требуют отдельного долгосрочного решения.

Таблица 5. Основные экологические преимущества

Показатель	Значение
CO <sub>2</sub> -выбросы дизель-генератора	2.67 кг CO <sub>2</sub> /кВт·ч
CO <sub>2</sub> -выбросы солнечной панели	0.05–0.1 кг CO <sub>2</sub> /кВт·ч (учитывая производство)
Средняя экономия выбросов	~2.5 кг CO <sub>2</sub> /кВт·ч

Материалы солнечных панелей подвергаются вторичной переработке. Современные панели на 90–95% подлежат переработке:

- алюминий и стекло – полностью;
- кремний – частично;
- опасные отходы (кадмий, свинец) – при правильной утилизации не представляют угрозы.

Преимущества солнечных панелей заключается в снижении шума и загрязнения. В отличие от традиционных генераторов:

- не создают шума;
- не выделяют запахов;
- не требуют хранения топлива.

С учётом особенностей Таджикистана рекомендуем следующее:

Разработка крупных СЭС. Строительство солнечной электростанции мощностью 200 МВт (совместно с Всемирным банком);

- Строительство солнечных и ветровых электростанций 100 МВт (совместно с АБР);
- Строительство солнечной электростанции 100 МВт (совместно с ЕБРР);
- Строительство солнечной электростанции мощностью 50 МВт (совместно с USAID);

Плавающие СЭС. Использовать водохранилища под плавающие солнечные станции. Это экономит полезную площадь и сокращает испарение воды, а также повышает эффективность системы за счёт охлаждения модулей.

Автономные системы в горах. В высокогорных селах (Памир, Заалайский хребет и т.д.) продолжать проекты автономного электроснабжения: пример - 220-кВт станция в Мургабе. Развёртывать мелкие «солнечные электростанции» или бытовые комплекты с накоплением, чтобы избежать дорогостоящей прокладки ЛЭП.

Финансовые стимулы. Предоставлять льготные кредиты, налоговые послабления и гарантированные тарифы (feed-intariff) для солнечных проектов. С учётом низких базовых тарифов необходимо вводить специальные надбавки или субсидии на электроэнергию из возобновляемых источников.

Экологическая инфраструктура. Заблаговременно строить системы сбора и переработки отработанных панелей. Разрабатывать стандарты по содержанию вредных веществ и повторному использованию материалов.

Строительство СЭС на проектом этапе сопровождается выбором места строительства (рисунок 2).



Рисунок 2. Место строительства солнечных электрических станций в Согдийской области.

**Выводы**

Солнечная энергетика обладает большим потенциалом для Таджикистана благодаря высокому уровню инсоляции и возникшей потребности в альтернативных источниках. Анализ показал, что при адекватной политике в области тарифов и инвестиций солнечные установки могут быть экономически эффективными и экологически выгодными. Рекомендуемые меры (инвестиции в СЭС разной масштабно-сти, поддержка технологий и производства, тарифные стимулы) направлены на диверсификацию энергетики республики и повышение её устойчивости. Реализация этих рекомендаций позволит существенно повысить долю солнечной энергии в энергобалансе Таджикистана.

**Литература**

1. CABAR.asia. «Tajikistan: Solar Energy in Support of Hydropower Plants». 20.03.2024.
2. CABAR.asia. «Renewable Energy of Tajikistan: Why It Is Important for the Country, but Not a Priority». 10.11.2021.
3. CABAR.asia. «How Solar Panels Change Life in Tajik Villages» (English translation). 17.12.2024.
4. Radio Free Europe/Radio Liberty (Tajik Service). «Sun Is Not for Everyone: Why Solar Energy Remains Inaccessible in Tajikistan and How to Popularize It». 08.05.2025.
5. National Information Agency "Khovar". «Tajikistan leads Central Asia in terms of renewable energy potential». 02.05.2025.
6. PV Magazine. "Tajikistan to build 200 MW of solar, PV panel factory". 30.05.2024.
7. PV Magazine. "Tajikistan accepting bids to develop 200 MW of solar". 05.10.2024.
8. Nexamp (USA). "2024 Types of Solar Panels Guide: Monocrystalline vs. Polycrystalline vs. Thin-Film". 10.04.2025.
9. ProfileSolar/Polysun. "Solar PV Analysis of Dushanbe, Tajikistan" (insolation data).
10. Matthew Eisenson. "Solar panels reduce CO2 emissions more per acre than trees". Climate Law Blog (Columbia Univ.), 25.10.2022.

## ПАНЕЛҶОИ ОФТОБӢ ДАР ТОҶИКИСТОН: ТЕХНОЛОГИЯҶО, САМАРАНОКӢ ВА ДУРНАМОИ АМАЛИГАРДОНИИ ОН

**Раҳмонов Ш.С.<sup>1\*</sup>, Ҳасанзода Б.М.<sup>1</sup>,  
Гулаҳмадзода А.А.<sup>1</sup>, Давлатшоев С.К.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

\*Муаллифи масъул. E-mail: rahmonov0294@mail.ru

**Шарҳи мухтасар.** Дар ин мақола ҷанбаҳои назариявӣ ва амалии истифодаи панелҳои офтобӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон баррасӣ шудааст. аърихи инкишофи энергияи офтоб, намудҳои масолеҳи асосии панелҳои офтобӣ, технологияҳои муосир ва равишҳои истифодаи онҳо таҳлил карда шудаанд. Дар фасли таҳлилии ҳисобҳои самаранокии тавлиди нерӯи барқтаваассути системаҳои офтобӣ ва баргардонидани иқтисодии онҳо бо назардошти хусусиятҳои иқлимӣ ва иқтисодии минтақа оварда шудаанд. Таъсири ба муҳити зист иваз кардани манбаъҳои анъанавии энергия бо энергияи офтоб ҳисоб карда шудааст. Дар асоси маълумоти ба даст овардашуда оид ба рушд ва татбиқи энергетикаи офтобӣ дар Тоҷикистон тавсияҳои мушаххас тартиб дода шуданд.

**Калидвожаҳо:** панелҳои офтобӣ, технологияҳои муосир, намудҳои маводҳои асосӣ, тавлид,

## SOLAR PANELS IN TAJIKISTAN: TECHNOLOGIES, EFFICIENCY, AND IMPLEMENTATION PROSPECTS

**Rakhmonov Sh.S.<sup>1,\*</sup>, Hasanzoda B. M.<sup>1</sup>,  
Gulahmadzoda A.A.<sup>1</sup>, Davlatshoev S.K.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan*

\*Corresponding author: E-mail: rahmonov0294@mail.ru

**Abstract.** *This article examines both the theoretical and applied aspects of using solar panels in the Republic of Tajikistan. The history of solar energy development, the main types and materials of solar panels, modern technologies and approaches to their application are analyzed. The analytical part calculates the efficiency of electricity generation by solar systems and their economic payback, taking into account the climatic and economic characteristics of the region. The environmental effect of replacing traditional energy sources with solar energy is calculated. Based on the data obtained, specific recommendations for the development and implementation of solar energy in Tajikistan are formulated.*

**Key words:** *solar panels, modern technologies, main types and materials, generation.*

**Маълумот дар бораи муаллифон:** Раҳмонов Шарифхуча Сайвалиевич – докторанти Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ. Тел. (+992) 004044604, E-mail:rahmonov0294@mail.ru; Ҳасанзода Бехруз Муҳаммад - аспиранти Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, Тел. (+992) 908855885, E-mail:bhasanzoda@outlook.com; Гулаҳмадзода Аминҷон Абдучаббор – доктори илмҳои техника, директори Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, Тел. (+992) 885471616, E-mail:agulakhmadov@gmail.com, Давлатшоев Саломат Қаноатшоевич – н.и.т., дотсент, мудири озмоишгоҳи «Энергетика, захира- ва энергиясарфанамои» -и АМИТ, Тел. (+992) 919604041, E-mail:salamatda@list.ru.

**Сведения об авторах:** Раҳмонов Шарифхуджа Сайвалиевич – докторант Институти водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, E-mail:rahmonov0294@mail.ru; Ҳасанзода Бехруз Муҳаммад - Аспирант Институти водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ. Тел.:(+992) 908855885, E-mail:bhasanzoda@outlook.com; Гулаҳмадзода Аминҷон Абдуджаббор – доктор технических наук, директор Институти водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ. Тел.: (+992)885471616, E-mail:agulakhmadov@gmail.com, Давлатшоев Саломат Қаноатшоевич – к.т.н. доцент, заведующий лабораторией «Энергетика, ресурсо- и энергосбережение» Институти водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, Тел.: (+992) 919604041), E-mail:salamatda@list.ru

**Information about the authors:** Rakhmonov Sharifkhujja Saivalievich – PhD student at the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone: (+992) 004044604, E-mail: rahmonov0294@mail.ru; Hasanzoda Behruz Muhammad - Post-graduate student at 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 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, Davlatshoev Salomat Kanoatshoevich - Ph.D., associate Professor, 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

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ТУННЕЛЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА И ХАРАКТЕРИСТИК ТВЁРДОГО СТОКА РЕКИ

Чакалова Б.Дж.<sup>1,\*</sup>, Бобохонов Ф.Ш.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальная академия наук Таджикистана

\*Адрес-корреспондент: E-mail: bibisoro1997@mail.ru

**Аннотация.** В течение периода с 1988 по 1992 гг. эксплуатация строительных туннелей Рогунского гидроузла, находящегося под абразивным воздействием влекомых и взвешенных наносов реки, вызвало значительные разрушения стальной облицовки и железобетонной обделки по длине туннеля от входного до выходного портала. В данной статье приводится анализ материалов и характеристик твёрдого стока р. Вахш на участке строительства Рогунского гидроузла. В связи с этим при проектировании гидротехнических сооружений на основании данных (сведений) о твёрдом стоке и его характеристиках важно учесть возможные последствия, возникающие после нарушения естественного (бытового) режима стока речных наносов.

**Ключевые слова:** безопасность, строительные туннели, твёрдый сток, гидрология, проектирование, наносы, абразив, размыв, взвешенные наносы, влекомые наносы, истирание.

### Введение

Речные гидротехнические сооружения (плотины, дамбы, водозаборы) изменяют режим речных наносов, которые, в свою очередь, вызывают затруднения при строительстве и эксплуатации этих сооружений [1, 2].

Так, при сооружении регулирующих сток водохранилищ или при создании подпертых бьефов с помощью водоподъёмных плотин, приносимые рекой наносы задерживаются выше плотин и постепенно заполняют ёмкость верхнего бьефа [3, 4].

На реках со значительным уклоном даже крупные водохранилища утрачивают регулируемую способность за несколько лет.

Трудности в эксплуатации гидротехнических сооружений на реках возникают также при попытках пропускать наносы через сооружения. Наносы, попадая в водопропускные (водоотводящие) сооружения (трубы, туннели) могут быстро истирать облицовку, а попадая на лопасти гидротурбин ГЭС, выводят их из строя.

В связи с этим при проектировании гидротехнических сооружений на осно-

вании данных (сведений) о твёрдом стоке и его характеристиках важно учесть возможные последствия, возникающие после нарушения естественного (бытового) режима стока речных наносов.

Для р. Вахш примером воздействия наносов на гидротехнических сооружениях явились разрушения обделки и вмещающего массива горных пород строительного туннеля первого яруса (рисунок 1) Рогунского гидроузла [5]. В течение всего периода эксплуатации туннель находился под абразивным воздействием влекомых и взвешенных наносов реки, что вызвало значительные разрушения стальной облицовки и железобетонной обделки по длине туннеля от входного до выходного портала.

При длительной эксплуатации подземных гидротехнических туннелей в щадящем режиме, где под действием гравитационного давления и течения твёрдого стока генерируются механические вибрации (ударные воздействия), могут формироваться объёмные зоны растягивающих напряжений в песчаных породах [6, 7], разнонаправленные растягивающие напряжения и усиления процесса релакса-

ции самонапряжённого состояния в алевролитовых массивах [8, 9].

В данной работе на основе собранных, проанализированных и обработанных гидрологических материалов наблюдений гидрометеорологической сети станций и постов Таджикского управления Гидрометеослужбы, данных гидрологических

изысканий Средазгидропроекта (Ташкентский Гидропроект) с использованием данных по стоку воды в створе гидрологического поста Кишрог по 2007 г. актуализируются характеристики твёрдого стока р. Вахш на участке строительства Рогунского гидроузла.



Рисунок 1. Размыв лотка I-го строительного туннеля

Изучение твёрдого стока р. Вахш и её составляющих - рек Сурхоб и Обихингоу, в основном, велось гидрометеорологической службой Таджикистана. Бассейн р. Вахш плохо освещён наблюдениями за стоком наносов. До 1990 г. в бассейне в разное время действовало всего лишь 11 постов. Изучение стока влекомых наносов практически не проводилось, имеются лишь отрывочные материалы наблюдений. Мало изучен твёрдый сток рек Кызылсу и Обихингоу.

Наиболее продолжительные наблюдения имеются на р. Вахш – ст. Туткаул ( $F = 31,200 \text{ км}^2$ ) за 1942-1944, 1948-31.05.1967 г.г. С 23.06.1967 наблюдения продолжены по ст. Саригузар ( $F = 31,400 \text{ км}^2$ ); на р.

Сурхоб – ст. Гарм (1955 - 1977, 1980 - 1983 г.г.).

Рассмотрение материалов наблюдений по твёрдому стоку показало следующее. Как указывалось выше, с 1973 г. естественный сток наносов р. Вахш, фиксируемый ст. Саригузар, искажен Нурекским водохранилищем. Поэтому данные по твёрдому стоку ст. Туткаул (ст. Саригузар) могут быть использованы по 1972 г.

Кратковременные наблюдения за твёрдым стоком велись на р. Обихингоу - ст. Лайрони-Поен (1966-1973 г.г.); р. Вахш - ст. Чорсада ( $F = 29,900 \text{ км}^2$ ) (1964 - 1973 г.г.).

Для обоснования проекта Рогунской ГЭС Средазгидропроект в 1974 - 1975 г.г. проводил наблюдения за твёрдым стоком на р. Сурхоб (ст. "Устье"); за мутностью - на водомерных постах: р. Обихингоу - ст. "Устье", р. Вахш - Комсомолабад ( $F = 29,500 \text{ км}^2$ ) - 1977, 1980-1982 г.г., 16-й водпост (1978 г.). Эпизодические наблюдения проводились на гидрометрической станции Кишрог в 1984 - 1986; 1990 - 1992 гг.

Бассейн р. Вахш относится к зоне с мутностью 2 500 - 4 000 г/м<sup>3</sup>. Высокая мутность в бассейне р. Вахш объясняется обилием осадков, высоким удельным стоком воды, наличием в этом районе широко развитых третичных меловых отложений, легко поддающихся размыву и выветриванию, а также тем, что в общей сложности 52 % площади бассейна занимают полупустынные зоны и скалистые обнажения, 35 % - травяной покров и 13 % - лес и кустарниковая растительность.

Для годового хода мутности воды р. Вахш характерна повышенная мутность в период половодья, причём имеется тенденция к двум её максимумам – в мае, в период интенсивного таяния сезонных снегов, и в июле-августе, в период таяния ледников. Самая низкая мутность и расходы наносов наблюдаются в зимние месяцы.

В весенний период мутность воды реки резко увеличивается, причём величины её достигают большего значения на подъёме половодья, чем на спаде. Наблюдаются случаи, когда мутность повышается при почти постоянном расходе воды. Это объясняется выпадением ливневых дождей, охватывающих небольшую территорию, когда количество воды настолько мало по сравнению с расходом основной реки, что лишь в слабой степени отражается на её уровне, в то время как смыв при таких дождях достигает громадных величин.

Наибольшая среднемесячная мутность в створе ст. Комсомолабад, равная 9 400 г/м<sup>3</sup> наблюдалась в августе 1978 г. (при

расходе взвешенных наносов 18 600 кг/с и расходе воды 1 980 м<sup>3</sup>/с). Наименьшая среднемесячная мутность 22,3 г/м<sup>3</sup> была в декабре 1959 г. (при среднем расходе взвешенных наносов 4,91 кг/с и расходе воды 220 м<sup>3</sup>/с).

Измеренные минимальные расходы взвешенных наносов в створе ст. Комсомолабад в 1978 г. составляли 0,29 кг/с 23.03.1978 при расходе воды 160 м<sup>3</sup>/с, а максимальные - 28 600 кг/с - 09.08.78 при расходе 1 940 м<sup>3</sup>/с (мутность 14 750 г/м<sup>3</sup>).

Наибольшая среднемесячная мутность в створе ст. Туткаул, равная 15 350 г/м<sup>3</sup> наблюдалась в мае 1948 г. (при расходе взвешенных наносов 13 860 кг/с и расходе воды 903 м<sup>3</sup>/с). Наименьшая среднемесячная мутность 22,3 г/м<sup>3</sup> была в декабре 1959 г. (при среднем расходе взвешенных наносов 4,91 кг/с и расходе воды 220 м<sup>3</sup>/с).

Наибольшая среднегодовая мутность наблюдалась в 1956 г. и составляла 6 040 г/м<sup>3</sup>. Наибольшая мутность при замеренном расходе взвешенных наносов составляла 39 900 г/м<sup>3</sup> 03.05.1956 (расход взвешенных наносов 48 700 кг/с, расход воды 1 220 м<sup>3</sup>/с).

Формирование стока речных наносов р. Вахш происходит в основном за счёт смыва мелкозема с речных бассейнов и, в значительно меньшей степени, за счёт руслового размыва, причём интенсивность последнего зависит от устойчивости русла. Среди продуктов бассейнового смыва основную роль играют наносы, выносимые ледниковыми водами, и наносы, смываемые талыми снеговыми и дождевыми водами.

Доля взвешенных наносов за счёт ледникового смыва в бассейне р. Вахш, которая относится к рекам с ледниково-снеговым питанием со средними высотами водосборов выше 3 300 м, достигает наибольших значений (70-80 %). С понижением высоты водосбора доля ледникового смыва уменьшается, а доля талого и дождевого смыва увеличивается.

Внутригодовое распределение стока взвешенных наносов и мутности в основном соответствует внутригодовому распределению жидкого стока, но отличается еще большей неравномерностью. Колебания расходов взвешенных наносов не всегда синхронны колебаниям расходов воды. Из сопоставления лет с экс-

тремальными значениями расходов воды и наносов (табл. 1) видно, что не всегда наибольший по водности год является наибольшим по стоку взвешенных наносов, также как и наименьшие годы по стоку воды не всегда будут наименьшими по стоку наносов.

**Таблица 1.** Сопоставление наибольших и наименьших расходов воды и наносов.

Река - пост	Экстремальные расходы воды, м <sup>3</sup> /с				Экстремальные расходы наносов, кг/с				Отношение наибольших расходов к наименьшим	
	наибольший	год	наименьший	год	наибольший	год	наименьший	год	воды	наносов
Сурхоб – пгт Гарм	456	1933	253	1962	2 490	1956	640	1957	1,8	3,9
Вахш кишл. Туткаул	782	1949	487	1957	4 400	1952	1 470	1965	1,6	3,0

Наибольший относительный месячный сток взвешенных наносов может превышать наибольший месячный сток воды в среднем в 1,7 раза.

В осенне-зимний период (октябрь-февраль) расходы взвешенных наносов наиболее низкие и сток наносов составляет всего от 0 до 5 % годового.

В весенний период, с марта по июнь, мутность воды резко увеличивается, причём величины её достигают больших значений на подъёме половодья, чем на спаде. Время прохождения наибольших среднемесячных расходов взвешенных наносов не одинаково по длине р. Вахш, так как зависит в основном от высоты водосборов, и обычно совпадают с периодом максимальных расходов воды.

Время прохождения максимумов наносов в бассейне р. Вахш зависит от высоты составляющих водосборов: чем больше

высота, тем на более поздние сроки сдвигается прохождение наибольших среднемесячных расходов взвешенных наносов, и на реках со средними высотами бассейнов 3 - 4 км максимумы проходят в августе. Однако при дальнейшем увеличении высоты бассейнов максимум стока наносов приходится на июль, что объясняется ранними морозами на больших высотах, как бы искусственно срезающими половодье. С уменьшением высоты водосбора половодье сдвигается на более ранние сроки. Для приближённой оценки времени наступления максимального месячного расхода наносов может быть использована таблица 2 в которой на основании анализа сезонного распределения стока наносов по рекам бассейна Вахша приведено распределение времени прохождения максимального стока по высотам в различных районах.

**Таблица 2.** Высотные пояса, в которых в данном месяце наблюдается максимальный сток наносов.

Район	Месяц с максимальным стоком наносов					
	III	IV	V	VI	VII	VIII
Бассейн р. Вахш	1,05-1,40	1,40-1,80	1,80-2,25	2,25-2,75	2,75-3,25 и > 3,80	3,25-3,80

Движение влекомых наносов начинается при расходах свыше 500 м<sup>3</sup>/с и скоростях течения свыше 2,5 м/с и практически прекращается на спаде половодья при расходах 400 -450 м<sup>3</sup>/с.

Наибольший расход влекомых наносов в створе станции Туткаул был замерен 23.07.1961 – 873 кг/с при расходе воды 1 950 м<sup>3</sup>/с и средней скорости течения 4,05 м/с. При скоростях течения менее 2 м/с движение влекомых наносов не наблю-

дается. По данным Ташгидропроекта измерение расходов влекомых наносов невозможно при прохождении расходов от 800 м<sup>3</sup>/с и более из-за больших придонных скоростей – свыше 3,0 м/с, влечения наносов размером больше, чем входное отверстие сачка-ловушки и относа груза с сачком.

Гранулометрический состав взвешенных и влекомых наносов в бассейне р. Вахш приведены в таблице 3.

**Таблица 3.** Фракционный состав наносов р. Вахш по данным наблюдений Гидрометеорологической службы Таджикистана.

Река	Пост	Годы наблюдения	Число проб	Содержание частиц в % по весу диаметром, мм			
				4,0	23,7	28,6	43
Вахш	пгт Гарм	1940, 1949-63	102	4,0	23,7	28,6	43
Вахш	кишл. Туткаул	1939-44, 1947-66	169	4,5	23,1	27,8	44,5
Кызылсу	кишл. Домбрачи	1962, 1964-66	13	1,0	11,3	34,2	53,5
Муксу	кишл. Давсеар	1962, 1964-65	11	5,2	17,1	40,3	37,4

Гранулометрический состав взвешенных наносов, полученный в результате обработки проб наносов на участке строящейся Рогунской ГЭС по данным гидрологических работ [10] приведён в таблице 4, кривая гранулометрического состава

взвешенных наносов показана на рисунке 1. Данные в таблице 3, 4 и на рисунке 2 свидетельствуют о преобладании в стоке взвешенных наносов фракций со средним диаметром < 0,01 мм.

**Таблица 4.** Гранулометрический состав взвешенных наносов р. Вахш на участке строительства Рогунской ГЭС.

d, мм	1 - 0,5	0,5 - 0,25	0,25 - 0,1	0,1 - 0,05	0,05 - 0,01	< 0,01
%	1,17	1,19	13,99	21,25	19,6	42,8

Гранулометрический состав взвешенных наносов по данным измерений для половодного периода 1992 года показан в

таблице 5, а для целого года (1979 г.) - в таблице 6.

Таблица 5. Гранулометрический состав взвешенных наносов по измерениям в 1992 г.

Месяц	Диаметр фракций в мм и их содержание в % по весу					
	1 - 0,5	0,5 - 0,25	0,25 - 0,1	0,1 - 0,05	0,05 - 0,01	< 0,01
Апрель		1,5	1,6	61,0	15,1	20,7
май		3,8	12,8	61,6	10,9	10,9
июль		1,4	5,3	62,6	16,1	14,6
август			4,6	62,7	16,6	16,1

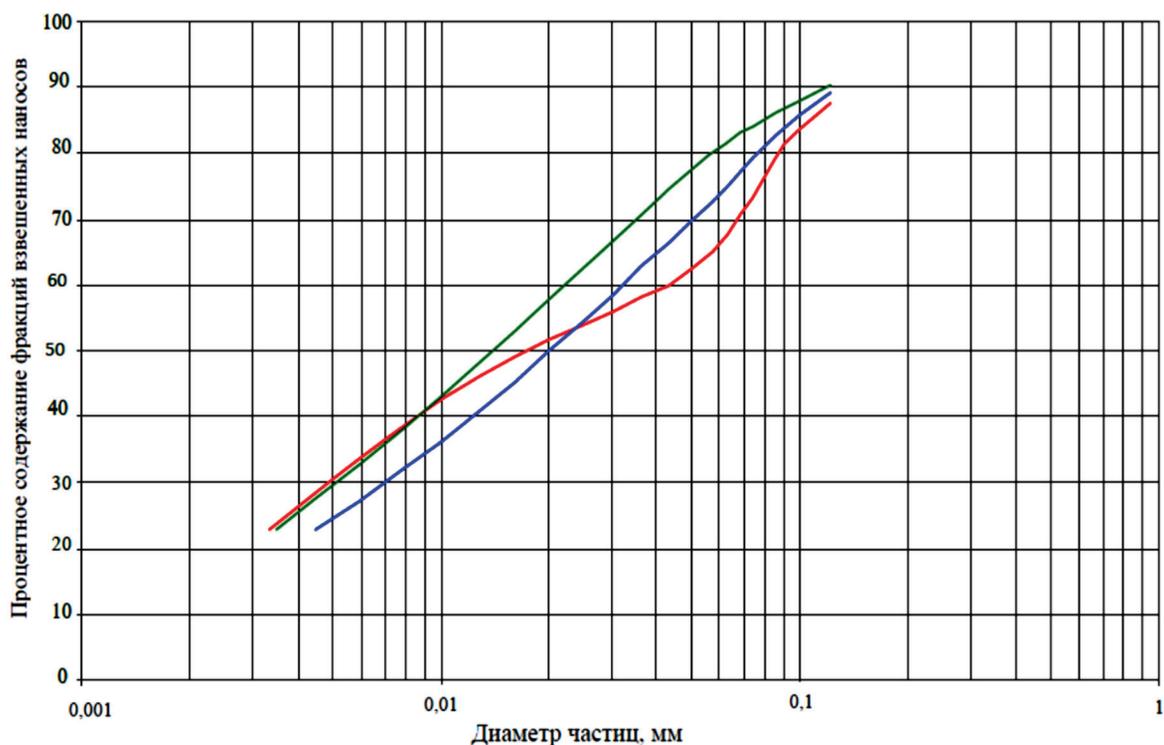


Рисунок 2. Кривые гранулометрического состава взвешенных наносов рек Вахш (ст. Туткаул), Сурхоб (ст. Гарм, устье) и Обихингоу (ст. Лайрони-Поен).

Таблица 6. Гранулометрический состав взвешенных наносов р. Вахш в 1979 г.

Месяц	Диаметр фракций в мм и их содержание в % по весу					
	1 - 0,5	0,5 - 0,25	0,25 - 0,1	0,1 - 0,05	0,05-0,01	< 0,01
январь		2,0	12,9	11,4	28,7	45,0
февраль		1,4	7,6	27,8	12,9	50,3
март	0,3	0,5	3,2	26,4	30,5	43,0
апрель		1,0	5,0	16,0	35,0	43,0
май	0,1	2,2	6,2	25,6	34,4	31,5
июнь		0,8	9,6	21,4	36,0	32,2
июль		1,0	8,1	21,2	33,5	36,2
август		0,2	5,2	56,3	12,4	25,8
сентябрь		0,3	7,4	29,4	28,6	34,3
октябрь		0,4	4,0	16,6	26,3	52,7
ноябрь			8,2	22,0	7,3	62,5
декабрь			11,1	23,2	18,7	47,0

Гранулометрический состав влекомых наносов по данным гидрологических изысканий, результаты которых обобщены в

[10], приведён в таблице 7, кривая грансостава - на рисунке 3.

Таблица 7. Гранулометрический состав влекомых наносов р. Вахш.

d, мм	500 - 250	250 - 120	120 - 80	80 - 40	40 - 20	20 - 10	10 - 5	5 - 1,2	< 1,2
%	3,0	17,8	14,2	27,1	19,6	4,1	2,9	3,3	8,0

Следует отметить, что в составе влекомых наносов часто встречаются обломки не окатанных камней [1], которых очень

много в долине реки на склонах и в осыпях.

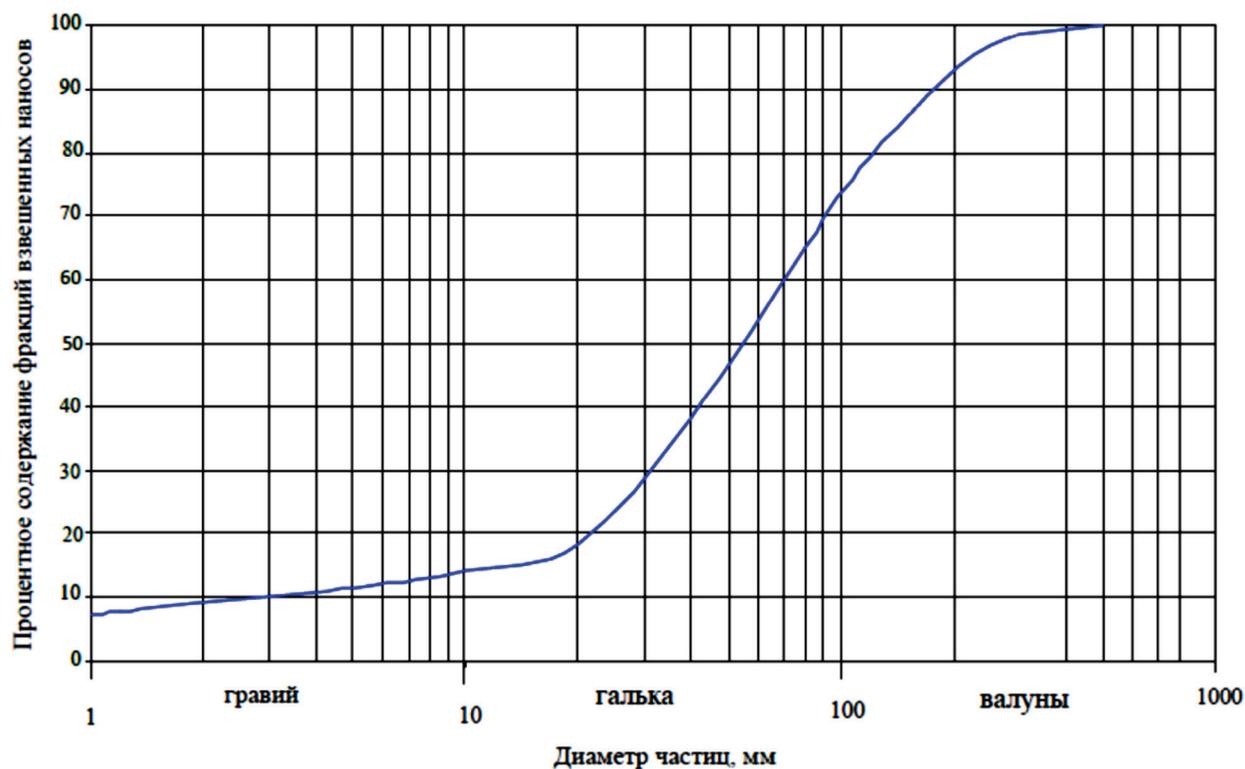


Рисунок 3. Кривая гранулометрического состава влекомых наносов реки Вахш в створе Рогунской ГЭС.

### Выводы

1. Характеристики твёрдого стока р. Вахш на участке строительства Рогунской ГЭС, полученные по удлинённым рядам среднемесячных и годовых расходов воды, подтверждают принятые ранее в уточнённом проекте, примерно 100 млн. тонн в год. Из них на долю влекомых и наносов приходится 25 - 28 %. Несмотря на то, что влекомые наносы перемещаются только во время паводка, их абразивное воздействие на бетонную обделку и металлическую облицовку туннелей

следует оценивать как катастрофическое. Анализ абразивного воздействия наносов на бетонную облицовку обделки показал, что в течение одного года в условиях Рогунского створа она может быть разрушена на глубину 0,6 - 1,2 м в зависимости от количества наносов, пропускаемых по туннелю. В случае применения металлической облицовки глубина истирания может быть 24 - 48 мм.

2. Факторами, усиливающими абразивное истирание, являются: поперечная циркуляция, возникающая на поворотах

трассы туннелей; ускоренное движение потока в пределах сопрягающего туннеля; вальцы гидравлических прыжков, способствующие взвешиванию донных наносов с их последующим ударным воздействием.

### Литература

1. Фазылов А.Р., Лавров Н.П. Управление твердым стоком реки Вахш в условиях изменения климата. В сборнике: Проблемы управления речными бассейнами при освоении Сибири и Арктики в контексте глобального изменения климата планеты в XXI веке. Сборник докладов XIX Международной научно-практической конференции. 2017. С. 216-222.
2. Маматканов Д.М., Фазылов А.Р. Влияние водохранилищ на режим твердого стока рек горно-предгорной зоны Таджикистана. Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2015. Т. 15. № 3. С. 178-182.
3. Фазылов А.Р. Антропогенные изменения стока наносов рек, зоны их формирования. Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2015. Т. 15. № 3. С. 189-193.
4. Фазылов А.Р., Саидов И.И. Обеспечение гидроэкологической безопасности через совершенствование способов и средств борьбы с наносами в горно-предгорной зоне Таджикистана. Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2014. Т. 14. № 7. С. 124-128.
5. В.Ф. Илюшин. Уроки аварии строительного туннеля при сооружении Рогунского гидроузла. Гидротехническое строительство, -№ 4, 2002. –С.51-56.
6. Давлатшоев С.К. Оценка качества укрепительной цементации вмещающего массива песчаников в условиях растягивающих напряжений. Гидротехническое строительство, №12, 2021. –С. 15-20.
7. Davlatshoev S. K. Evaluation of the quality of strengthening cementation of an enclosing sandstone massif under tensile stresses. Power Technology and Engineering, vol. 56, No. 1, May, 2022. Pp. 46-51. <https://doi.org/10.1007/s10749-023-01469-10>.
8. Давлатшоев С.К. Влияние объёмного нагружения скальных пород подземного помещения на процесс релаксации самонапряжённого состояния алевролитового массива. Гидротехническое строительство, №1, 2022. –С. 6-12.
9. Davlatshoev S. K. Influence of volumetric loading of rocks surrounding underground chambers on the relaxation of self-stressed aleurolite massif. Power Technology and Engineering, vol. 56, No. 2, July, 2022. Pp. 157-163. <https://doi.org/10.1007/s10749-023-01488-x>.
10. Рогунская ГЭС на р. Вахш. Технический проект, Часть 1. Природные условия. Книга 1. Гидрологические условия. Климат. Режим реки в проектных условиях. Ташкент, 1978-1981 гг.

## ТАЪМИН НАМУДАНИ БЕХАТАРИИ НАҚБҲОИ ГИДРОТЕХНИКИИ СОХТМОНӢ ҲАНГОМИ БАЛОИҲАГИРӢ ДАР АСОСИ ОМУӢЗИШИ ТАРКИБ ВА ТАВСИФИ ҶАРАӢНИ САХТИ ДАРӢ

Чақалова Б.Ҷ.<sup>1,\*</sup>, Бобохонов Ф.Ш.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

\*Муаллифи масъул. E-mail: [bibisoro1997@mail.ru](mailto:bibisoro1997@mail.ru)

**Шарҳи мухтасар.** Дар тамоми давраи аз солҳои 1988 то соли 1992 ҳангоми ба қор андохтани нақбҳои сохтмони гидрогиреҳи Рогун дар зери таъсири абразивии қувваи вазнинии обовардҳои шинокунандаи дарё дар тули дарозии нақб аз даромадгоҳ то ба баромадгоҳи он зарари қалон расониданд. Дар мақолаи мазкур таҳлили мавод ва хусусиятҳои маҷрои саҳти дарёи Вахш дар минтақаи сохтмони гидрогиреҳи Рогун оварда шудааст. Дар алоқамандӣ бо ин ҳангоми лоиҳакашии иншоотҳои гидротехникӣ дар асоси маълумот дар бораи маҷрои саҳт ва хусусиятҳои он оқибатҳои эҳтимолиро, ки баъди вайрон шудани речаи табиши (дохилии) ҷараёни обовардҳои дарё ба амал меоянд, ба назар гирифтани зарур аст.

**Калидвожаҳо:** бехатарӣ, нақбҳои сохтмони, маҷрои саҳт, ҳидрология, балоиҳагирӣ, обовардҳо, абразивӣ, шустаишавӣ, обовардҳои шинокунанда, қўҳнашуда.

## ENSURING THE SAFETY OF HYDRAULIC CONSTRUCTION TUNNELS DURING DESIGN BASED ON THE STUDY OF THE COMPOSITION AND CHARACTERISTICS OF THE RIVER'S SOLID RUNOFF

Chakalova B.J.<sup>1,\*</sup>, Bobohonov F.Sh.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology National Academy of Sciences of Tajikistan

\*Author corresponding. E-mail: bibisoro1997@mail.ru

**Abstract:** During the entire period from 1988 to 1992, the operation of the construction tunnels of the Roghun hydroelectric complex was under the abrasive effect of the river's traction and suspended sediments, which caused significant destruction of the steel lining and reinforced concrete lining along the length of the tunnel from the entrance to the exit portal. This article provides an analysis of the materials and characteristics of the solid runoff of the Vakhsh River at the construction site of the Roghun hydroelectric complex. In this regard, when designing hydraulic structures based on data (information) on solid runoff and its characteristics, it is important to take into account the possible consequences that arise after disruption of the natural (domestic) flow regime of river sediments.

**Key words:** safety, construction tunnels, solid runoff, hydrology, design, sediment, abrasive, erosion, suspended sediment, bedded sediment, abraded.

**Маълумот дар бораи муаллифон:** Чакалова Бибисоро Ҷонҷигитовна, докторанти (PhD) курси 2-юми Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел: (+992) 987199785, E-mail: bibisoro1997@mail.ru. Бобохонов Фирдавс Шамсиддинович - номзади илмҳои техникӣ, мудири кафедраи муҳандисӣ ва сохтмони гидротехникӣ, Донишгоҳи давлатии Данғара, Тел: (+992) 985497274, E-mail: firdavsi-1988@mail.ru.

**Сведения об авторах:** Чакалова Бибисоро Джонджигитовна, докторант (доктор PhD) 2-го курса Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, Тел: (+992) 987199785, E-mail: bibisoro1997@mail.ru. Бобохонов Фирдавс Шамсиддинович, кандидат технических наук, заведующий кафедрой Инженерных дисциплин и гидротехнического строительства Дангаринского государственного университета, Тел: (+992) 985497274, E-mail: firdavsi-1988@mail.ru.

**About the authors:** Chakalova Bibisoro Jonchigitovna, doctoral student (PhD) 2st year institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Tel: (+992)987199785, E-mail: bibisoro1997@mail.ru; Bobohonov Firdavs Shamsiddinovich- Candidate of Technical Sciences, head of Department Engineering disciplines and Hydrotechnical construction Dangara State University. Tel: (+992)887686565, E-mail: firdavsi-1988@mail.ru,

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ КОНВЕКТИВНО-ДИФФУЗИОННОГО РАСТВОРЕНИЯ СОЛЕВОГО ПЛАСТА

Шамсуллоев Ш.А.<sup>1,\*</sup>, Давлатшоев С.К.<sup>1</sup>, Азизов З.Б.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальная академия наук Таджикистана

\*Адрес-корреспондент: E-mail: shamsulloev9292@mail.ru

**Аннотация.** В данной работе приведены результаты расчётов диффузионно-конвективного процесса и образования вследствие проточных щелей незаполненных грунтом для вариантов: при отсутствии защитных мероприятий солевого пласта, где формируется повышенная фильтрация воды в окружающих породах оголовка; при варианте произведённой инъекции оголовка пласта соли, понижающей коэффициент фильтрации; при проведении выщелачивания солей в пласте на глубину до 15 м и замене бетоном, где коэффициент фильтрации породы, окружающей пласт соли будет иметь минимальный коэффициент фильтрации.

**Ключевые слова:** конвекция, диффузия, солевой пласт, моделирование, защитные мероприятия, инъекция, фильтрация, выщелачивание, трещины.

Особенностью геологических условий участка створа Рогунской ГЭС является выход в основании плотины мощного пласта соли, приуроченного к тектоническому Ионахшскому разлому. Растворение каменной соли фильтрационным потоком может привести к недопустимым деформациям основания. Поэтому оценка возможной скорости растворения каменной соли и выбор экономичных защитных мероприятий относятся к главнейшим вопросам проектирования и строительства Рогунской ГЭС [1-5].

В данной работе приведены результаты расчётов диффузионно-конвективного процесса и образования, вследствие проточных щелей незаполненных грунтом для вариантов:

1. Когда отсутствуют защитные мероприятия пласта соли и коэффициент фильтрации окружающих пород оголовка составляет  $K_f = 0,3$  м/сут.

2. Произведена инъекция оголовка пласта соли и коэффициент фильтрации доведён до  $K_f = 0,03$  м/сут.

3. Произведено выщелачивание солей в пласте на глубину до 15 м и заменено бетоном, тогда как породы, окружающие пласт соли, будут иметь коэффициент фильтрации  $K_f = 0,003$  м/сут.

Также приведён анализ результатов исследований, проведённых ранее, и на основании новых данных по водопроницаемости пород на участке Ионахшского разлома дано заключение о количестве рассола в условиях подачи его в закольцованный ряд напорных скважин без устройства в них дозаторов расхода; а затем рассмотрен вариант подачи рассола с учётом наличия таких дозаторов в подающих скважинах, позволяющих уменьшить количество рассола до необходимого для создания защиты.

Исследования и расчёты произведены в период работы строительной перемычки Рогунской ГЭС.

При проведении исследований и расчётов были использованы следующие проектные материалы: чертежи № 1079 - 10 - 62; 1079 - 10 - 20 ОРП л. 1, 1079 - 10 - 49; 1079 - 10 - 33, приведённые в работе схематичные геолого-литологические разрезы района Рогунской ГЭС с расположением скважин солевой защиты, взятые из указанных выше материалов.

Коэффициенты фильтрации пород приняты из технического проекта, при этом водоупорный слой с наиболее низкой проницаемостью принят с  $K_f = 0,003$  м/сут, а породы верхних слоёв района

оголовка соли с учётом цементации  $K_{\phi} = 0,03$  м/сут (удельное водопоглощение 0,03 л/мин), без цементации -  $K_{\phi} = 0,3$  м/сут.

**Конвективно-диффузионное растворение оголовка солевого пласта (1 стадия).** Произведём расчёт размыва соли без образования трещин в контакте соли и вмещающих пород. Процесс растворения соли пласта происходит в границах контакта с пресными водами с быстрым насыщением фильтрационного потока до предельной концентрации, которая оценивается для каменной соли в 300 - 360 г/л.

Отвод солей, перешедших в раствор, происходит как в результате молекулярной диффузии, так и путём конвекции, т.е. фильтрационным потоком.

Расчёты и прогнозирование размыва пласта с учётом конвективно-диффузионного процесса выполнялись по методике [6], где за основу взята современная теория растворения солей и диффузионных процессов в фильтрационных потоках через естественные горные породы, основывающаяся на законе Фика.

По этой методике уравнение конвективной диффузии в зоне пласта соли приобретает вид [6, 7]:

$$D \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - V_x \frac{\partial C}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

Приведём расчётную схему конвективно-диффузионного растворения оголовка солевого пласта.

Принимая краевые условия для нижней и верхней граней:

$y = 0, C = CH, X = 0, C = 0, y = \infty, \frac{\partial C}{\partial y} = 0$   
и для оголовка:  $y = 0, C = CH, X = 0, C = 0, y = h, C = 0$ , получим для обоих случаев расчётные формулы расхода соли ( $q$ )

и толщины растворённого слоя ( $V_x$ ) в рассматриваемой точке [6, 7]:

$$q = \Delta C \sqrt{\frac{D V_x}{\pi x}} \quad (2)$$

$$V_x = \frac{T \Delta C}{\gamma_c} \sqrt{\frac{D V_x}{\pi x}} \quad (3)$$

где,  $\Delta C$  - разница концентрации от начального до предельного насыщения (т/м<sup>3</sup>),

$D$  - коэффициент диффузии

$D = 10^{-5}$  см<sup>2</sup>/сек  $\approx 8,64 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/сут

$\gamma_c$  - удельный вес соли (2,2 т/м<sup>3</sup>),

$x$  - расстояние по плоскости размыва от начала отсчёта до рассматриваемой точки (м),

$T$  - время в сутках.

Толщина растворённого слоя на нижней грани солевого пласта определялась по формуле (3). Градиенты потока приняты равными 0,1 (рисунок 1) для горизонта воды верхнего бьефа 1015 м, а для нижнего 987,0 м. При этом рассматривались три варианта работы перемычки:

1. Защитные мероприятия у оголовка соли отсутствуют, тогда коэффициент фильтрации у оголовка можно принять по таблице приложения 1  $K_{\phi} = 0,3$  м/сут.

2. Сделана инъекция в районе оголовка соли и коэффициент фильтрации уменьшен на порядок ( $K_{\phi} = 0,03$  м/сут).

3. Соль выщелачивается на глубину до 15 м и заменена инертным материалом, например, бетоном. В этом случае пласт оказывается, в лучшем случае, залегающим в породах с коэффициентом фильтрации -  $K_{\phi} = 0,003$  м/сут.

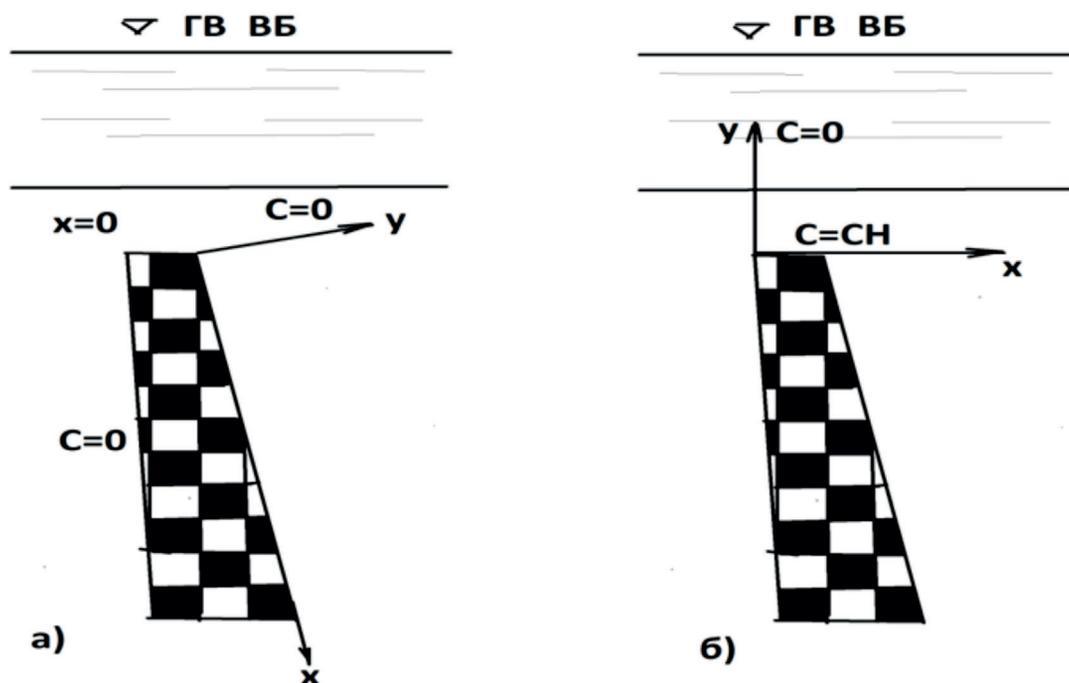


Рисунок 1. Расчётная схема конвективно-диффузионного растворения оголовка солевого пласта: а) верховая и низовая грани, б) оголовок

Для всех трёх вариантов приведены результаты расчёта растворения по длине пласта соли в таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчёта растворения по длине пласта соли для всех трёх вариантов

№ вариантов	T (год)	X=1 м	X=1 м	X=1 м
1	Защитные мероприятия отсутствуют: Кф = 0,3 м/сут; J = 0,1; Vx = 0,03 м/сут			
	0,33	0,018	0,0056	0,0018
	0,67	0,036	0,0113	0,0036
	1,0	0,054	0,0169	0,0054
2	Защитные мероприятия отсутствуют: Кф = 0,03 м/сут; J = 0,1; Vx = 0,003 м/сут			
	0,33	0,0056 м	0,0018 м	0,00056 м
	0,67	0,0113 м	0,0036 м	0,00112 м
	1,0	0,0169 м	0,0054 м	0,00168 м
3	Защитные мероприятия отсутствуют: Кф = 0,003 м/сут; J = 0,1; Vx = 0,0003 м/сут			
	0,33	0,0018	0,00057	0,00018
	0,67	0,0036	0,00113	0,00036
	1,0	0,0054	0,0018	0,00054

В первой стадии выщелачивания в условиях конвективной диффузии размыв пласта соли происходит относительно медленно, но уже при второй стадии, когда проточная щель образовалась, процесс может интенсифицироваться, в связи с этим рассмотрим эту стадию.

**Конвективно – диффузионное растворение пласта соли при условии образования трещин (2 стадия).** Если предположить, что на контакте с солью образуется незаложённая грунтом трещина и имеющая свободный вход и выход в бьехах, то скорости фильтрации и интенсивность

растворения будут более значительными, наличие таких трещин наиболее вероятно на "оголовке", а также на верхних участках низовой и верховой граней солевого пласта.

На основании расчётов по таблице 1 ширина раскрытия трещины на контакте с солью  $B_x \geq 0,0005 \text{ м} = 0,5 \text{ мм}$  при градиенте потока  $J = 0,1$  образуется на всём расстоянии 100 м от входа потока за время, определяемое по формуле (2), причём в случаях [6, 8]:

1. Отсутствие мероприятия у оголовка соли

$$T = \frac{B_x \cdot \gamma_c}{\Delta C \cdot \sqrt{\frac{D \cdot V_x}{\pi \cdot x}}} = \frac{0,0005 \cdot 2,2}{0,36 \sqrt{\frac{8,64 \cdot 10^{-5} \cdot 0,03}{3,14 \cdot 100}}} = 33 \text{ сут}$$

2. Если произведена инъекция пород у оголовка соли

$$T = \frac{B_x \cdot \gamma_c}{\Delta C \cdot \sqrt{\frac{D \cdot V_x}{\pi \cdot x}}} = 106,1 \text{ сут}$$

3. При выщелачивании соли в пласте на глубину до 15 м и замене бетоном

$$T = \frac{B_x \cdot \gamma_c}{\Delta C \cdot \sqrt{\frac{D \cdot V_x}{\pi \cdot x}}} = 336 \text{ сут}$$

Скорости движения жидкости в трещине скальных пород описываются уравнениями /л.5/ для ламинарного режима ( $R_e < R_{e \text{ кр}}$ )

$$V_{\text{тр}} = \frac{g \cdot b^2 \cdot J}{12\nu(1 + \frac{A}{b})} \quad (4)$$

для турбулентного режима ( $R_e < R_{e \text{ кр}}$ )

$$V_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{g \cdot b \cdot J}{0,01(1 + \frac{B}{b})}} \quad (5)$$

где,  $J = 0,1$  - средний градиент движения потока по трещине;

$m = 1,0$  - ширина трещины пласта;

$A$  и  $B$  - гидравлические параметры шероховатости,  $0 \leq A \leq 1 \text{ см}$ ,  $0 \leq B \leq 6,8 \text{ см}$ ;

$b$  - раскрытие трещин;

$g$  - ускорение свободного падения,  $\text{м}^2/\text{сек}$ ;

$\nu$  - коэффициент кинематической вязкости жидкости

$$\nu = 0,0131 \text{ см}^2/\text{сек} = 1,31 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{сек}.$$

Режим движения потока в трещинах устанавливаются путём сопоставления фактического числа Рейнольдса с "критическим" числом Рейнольдса, критическое число определяется по формуле В.Н. Жиленкова [6 - 8].

$$R_{e \text{ кр}} = 600 \frac{b + A}{b + B} \quad (6)$$

а фактическое число Рейнольдса [6 - 8]

$$R_e = \frac{V \cdot R}{\nu} = \frac{V \cdot b}{2\nu} \quad (7)$$

где,  $V$  - фактическая скорость движения потока в трещине  $\text{см}/\text{сек}$ .

При прогнозировании размыва пласта соли учитывалось, что процесс этот прогрессирующий и величина раскрытия щели постоянно возрастает во времени.

Другими словами, методика расчёта размыва такова:

1. Задаёмся величиной раскрытия щели  $b_1$  постоянной для данного отрезка времени  $t_1$ .

2. Определяем скорость движения потока по щели  $V_{\text{щ1}}$  по формуле (3.12) при раскрытии  $b_1$ .

3. Определяем величину раскрытия трещин  $b_2$  по формуле (3) с учётом скорости  $V_{\text{щ1}}$ .

4. Считая  $b_2 = \text{const}$  для отрезка времени  $t_2$ , определяем скорость движения потока по щели  $V_{\text{щ2}}$  по формуле (4) или (5) в зависимости от режима фильтрации.

5. Определяем величину раскрытия трещин  $b_3$  по формуле (3) с учётом скорости  $V_{\text{щ2}}$  и т.д.

Расчёт размыва пласта соли по этой методике представлен в табличной форме (таблица 2).

Таблица 2. Результаты расчёта размыва пласта соли

Характеристика шероховатости поверхности стенок трещин	Гидравлический параметр, см		Начальное раскрытие трещин, м				T1 = 30 сут.				T2 = 30 сут.				T3 = 300 сут.			
	Ламинарный	Турбулентный	Q1 м <sup>3</sup> /сут	Vщ1 м/сут	b2 м	Q2 м <sup>3</sup> /сут	Vщ2 м/сут	b3 м	Q3 м <sup>3</sup> /сут	Vщ3 м/сут	b4 м	Q4 м <sup>3</sup> /сут	Vщ4 м/сут	b5 м	Q5 м <sup>3</sup> /сут	Vщ5 м/сут	b6 м	
Гладкие стенки	A=0	B=0	0,675	1350	0,0946	2,4910-4	2,63105	1,32	1,3106	9,83105	25,5							
Практически гладкие стенки	A=0,02	B=0,003	0,48	950	0,079	1,9104	2,41105	1,26	1,26106	25,25								
Средняя шероховатость	A=0,3	B=1,0	0,096	192	0,0357	5,1103	1,43105	0,97	0,72105	25,23								
Повышенная шероховатость	A=0,75	B=4,0	0,040	84,3	0,0236	1,89105	0,8105	0,73	0,73106	17,18								

Таблица 3. Результаты расчёта величины размыва пласта соли на расстоянии 100 м через 1 год

Варианты	Начальное раскрытие щели, м		T1 = 30 сут				T2 = 30 сут				T3 = 30 сут				ΣT = 360 сут	
	Q1 м <sup>3</sup> /сут	V1 м/сут	b2 м	Q2 м <sup>3</sup> /сут	V2 м/сут	b3 м	Q3 м <sup>3</sup> /сут	V3 м/сут	b4 м	Q4 м <sup>3</sup> /сут	V4 м/сут	b5 м	Q5 м <sup>3</sup> /сут	V5 м/сут	ΣQ м <sup>3</sup>	ΣV м
1. При отсутствии защитных мероприятий	0,00321	54829	0,603	176	290,3	0,044	176	270,7	0,42							
2. При инъекции пород оголовка соли	0,00158	13418	0,298	21,2	70,7	0,0217	21,2	66,0	0,209							
3. При выщелачивании солей в пласте на глубину 15 м	0,00094	4787	0,178	4,5	25,1	0,013	4,5	23,5	0,124							

Отметим, что все вышеприведённые расчёты размыва пласта соли (табл. 1 и 2) получены при допущении о свободном входе фильтрационного потока в щель, на 1 п. м. ширины щели пласта по его глубине, в точки находящиеся на расстоянии 100 м от входа потока в щель.

Рассмотрим случай образования трещины (щели), которая не имеет свободного входа в верхнем и выхода - в нижнем бьефах, используя следующую расчётную схему.

Допустим, что щель с раскрытием  $0,0005 \text{ м} = 0,5 \text{ мм}$  образовалась на оголовке соли на длине вдоль пласта  $L = 100 \text{ м}$ .

Фильтрационный расход, приходящий к щели из верхнего бьефа через выщелачивающие породы, определится по формуле

$$Q = \frac{\pi k l^* \Delta H}{\ln \frac{2l}{d_{\text{пр}}}} \quad (9)$$

где,  $l^* = 50 \text{ м}$  - длина водоприёмной и разгрузочной частей щели,

$\Delta H = 15 \text{ м}$  - превышающий напор между верхним бьефом и щелью, принимаемая потеря напора по щели не более 5 м,

$l$  - расстояние от центра щели до пород с коэффициентом фильтрации намного большим (хотя бы на порядок) по сравнению с коэффициентом фильтрации, окружающим щель, определяется по разрезу в зависимости от варианта защиты,

$d_{\text{пр}} = 1 \text{ м}$  - диаметр эквивалентного круглого отверстия, заменяющего щель шириной 2 м и раскрытием 0,5 мм.

Таким образом, расход, поступающий в щель, равен для вариантов:

1. В случае отсутствия защитных мероприятий

$$Q_1 = \frac{3,14 \cdot 0,3 \cdot 50,0 \cdot 1,5}{\ln \frac{2 \cdot 28,5}{1,0}} = 176 \text{ м}^3/\text{сут}$$

$$Q_1 = \frac{3,14 \cdot 0,03 \cdot 50,0 \cdot 1,5}{\ln \frac{2 \cdot 14}{1,0}} = 21,2 \text{ м}^3/\text{сут}$$

2. При инъекции пород оголовка пласта

3. При выщелачивании солей в пласте на глубину до 15 м и заполнении бетоном

$$Q_1 = \frac{3,14 \cdot 0,003 \cdot 50,0 \cdot 15}{\ln \frac{5}{1,0}} = 176 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Определим величину раскрытия щели, соответствующую данным расходам фильтрационного потока для каждого из вариантов:

1. В случае отсутствия защитных мероприятий:

$$b_1 = \sqrt[3]{\frac{120 \cdot Q_1}{J \cdot g \cdot 86400}} = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot 1,31 \cdot 10^{-6} \cdot 176}{0,1 \cdot 9,81 \cdot 86400}} = 3,21 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3,21 \text{ мм}$$

2. При инъекции пород оголовка пласта соли:

$$b_2 = 1,58 \cdot 10^{(-3)} \text{ м} = 1,58 \text{ мм}$$

3. При выщелачивании солей в пласте на глубину до 15 м и заполнением бетоном:

$$b_3 = 0,94 \cdot 10^{(-3)} \text{ м} = 0,94 \text{ мм}$$

Далее определим время  $t$ , для каждого из вариантов, за которое щель с раскрытием  $0,0005 \text{ м} = 0,5 \text{ мм}$  превратится в щель с вышеопределёнными раскрытиями, при условии, что расход воды, идущий по щели, полностью насыщается до концентрации  $0,36 \text{ г/л}$ .

$$T_1 = \frac{b_1 \gamma_c L_m}{0,36 \cdot Q_1} = \frac{0,00321 \cdot 2,2 \cdot 100 \cdot 1,0}{0,36 \cdot 176} = 0,01 \text{ сут,}$$

$$T_2 = \frac{b_2 \gamma_c L_m}{0,36 \cdot Q_2} = \frac{0,00158 \cdot 2,2 \cdot 100 \cdot 1,0}{0,36 \cdot 21,2} = 0,046 \text{ сут,}$$

$$T_3 = \frac{b_3 \gamma_c L_m}{0,36 \cdot Q_3} = \frac{0,00094 \cdot 2,2 \cdot 100 \cdot 1,0}{0,36 \cdot 4,5} = 0,128 \text{ сут.}$$

Дальнейшим расчётом определяем величину размыва соли в точке на расстоянии 100 м от входа потока в щели через 1 год (табл. 3).

Следует отметить тот факт, что работа верховой строительной перемычки по сравнению с работой плотины Рогунской ГЭС находится в более худших условиях, т.к. пласт каменной соли Ионахшского разлома соединяет собой верхний и ниж-

ний бьефы перемычки, чего не наблюдается для плотины Рогунской ГЭС.

Данные расчёты еще раз подтверждают необходимость создания защитных мероприятий в основании перемычки и плотины.

### Выводы

1. При образовании трещин, не заполненных грунтом, и, имеющих свободные вход и выход в верхнем и нижнем бьефах, интенсивность растворения соли будет значительной (случай 1). Так, если трещина с раскрытием в 0,5 мм образуется примерно через 3,5 месяца, то ещё за 1 месяц она превратится в щель с раскрытием  $b = 2,36$  см за следующий месяц  $b = 0,73$  м, а через год толщина растворённого пласта теоретически составит 17,18 м; в точке на расстоянии 100 м от входа потока в трещину.

2. При отсутствии у образовавшейся трещины с раскрытием 0,5 мм свободного входа и выхода для фильтрационного потока (случай 2) процесс размыва будет затухающим во времени. Однако, через 1 год на расстоянии 100 м от входа потока в трещину величина раскрытия ( $b$ ) составит для вариантов проведения защитных мероприятий по пласту соли: при отсутствии защитных мероприятий  $b_1 = 1,07$  м.; при инъекции цементным раствором пород, окружающих оголовки соли:  $b_2 = 0,53$  м.; при выщелачивании солей из пласта на глубину 15 м от оголовка  $b_3 = 0,32$  м, что также может привести к необратимым и недопустимым деформациям основания сооружений.

3. Расчёты, проведённые на основе математического моделирования по растворению оголовка солевого пласта, еще раз подтверждают необходимость создания защитных противосуффозионных инже-

нерных мероприятий в виде уплотнительной и козырьковой цементации оголовка солевого пласта.

### Литература

1. Давлатшоев С.К. Исследование водопроницаемости породы в участке солевого пласта в основании плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров, Н.В. Леонидова // Известия Академии наук РТ, Отделение физико – математических, химических, геологических и технических наук. – Душанбе, 2008. №1(130). -С.58-64.
2. Давлатшоев С.К. Гидрогеохимические особенности зоны солевого пласта в основании плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров, Н.В. Леонидова // Вестник Технического университета . – Душанбе, 2008. №3. –С. 9-11.
3. Давлатшоев С.К. Гидрогеохимический мониторинг в основании плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров – Душанбе: Ирфон., 2017. 236 с.
4. Давлатшоев С.К. Система защиты солевого пласта плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // IX Всеросс. н.-практ. конф. «Пожарная безопасность: проблемы и перспективы». – Воронеж: ВФ ИПСА ГПС МЧС России, 2018. – С. 135 – 138.
5. Давлатшоев С.К. Система мониторинга защиты солевого пласта основания плотины Рогунской ГЭС [Текст] / С.А. Гарелина, С.К. Давлатшоев, М.М. Сафаров // Пожарная и аварийная безопасность. Сборник материалов XIII Междунар. науч.-практ. конф., посвященной Году культуры безопасности. Иваново, 2018. С. 25-27.
6. Технический отчёт по теме «Исследования методом ЭГДА мероприятий по защите пласта соли (промежуточный)». №1079-34-Т141, Ташкент, 1990. - 26 с.
7. Технический отчёт по теме «Лабораторные работы на моделях ЭГДА по проблемам солезащиты (промежуточный)». №1079-34-Т441, Ташкент, 1990. -31 с.
8. Технический отчёт по теме «Лабораторные работы на моделях ЭГДА по проблемам солезащиты». Раздел: «Исследование для горизонта 1055,0». №1079-34-Т537, Ташкент, 1991. -45 с.

## АМСИЛАИ МАТЕМАТИКИИ ШИДДАТИ МАҲЛУЛШАВИИ КОНВЕКТИВӢ-ДИФФУЗИОНИИ ҚАБАТИ НАМАК

Шамсуллоев Ш.А.<sup>1,\*</sup>, Давлатшоев С.К.<sup>1</sup>, Азизов З.Б.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

\*Муаллифи масъул. E-mail: shamsulloev9292@mail.ru

**Шарҳи мухтасар.** Дар мақола натиҷаҳои ҳисобкунии раванди конвективӣ-диффузионӣ ва ташаккули минбаъдаи тарқишҳои чараёнӣ, ки бо ҳок нур нашудаанд, барои вариантҳои зерин оварда шудаанд: дар сурати мавҷуд набудани тадбирҳои ҳифзи қабати намак, ки дар он ҷолоҳии об дар атрофи чинсҳо ба амал меояд; дар сурати инексия дар сарғаҳи намак коэффитсиенти ҷолоҳии кам мешавад; хангоми ҳосил намулдани шусташиавии намакҳо дар қабат ба чуқурии 15 м ва бо бетон иваз кардан, ки дар он коэффитсиенти ҷолоҳии чинсҳои атрофи қабати намак то қимати минималӣ кам карда мешавад.

**Калидвожаҳо:** конвексия, диффузия, қабати намак, амсиласозӣ, чораҳои муҳофизатӣ, инексия, ҷолоҳии, шусташиавӣ, тарқишҳо.

## MATHEMATICAL MODELING OF THE INTENSITY OF CONVECTIVE-DIFFUSION DISSOLUTION OF A SALT LAYER

Shamsulloev Sh.A.<sup>1,\*</sup>, Davlatshoev S.K.<sup>1</sup>, Azizov Z.B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan

\*Corresponding author. E-mail: shamsulloev9292@mail.ru

**Abstract.** This paper presents the results of calculations of the diffusion-convective process and the subsequent formation of flow cracks unfilled with soil for the following options: in the absence of protective measures for the salt formation, where increased water filtration is formed in the surrounding rocks of the cap; in the case of producing an injection of the head of the salt layer, a decreasing filtration coefficient; in the production of leaching of salts in the layer to a depth of 15 m and replacement with concrete, where the filtration coefficient of the rock surrounding the salt formation will have a minimum filtration coefficient.

**Key words:** convection, diffusion, salt formation, modeling, protective measures, injection, filtration, leaching, cracks.

**Сведения об авторах:** Шамсуллоев Шодмон Абдуллоевич – соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, shamsulloev9292@mail.ru; Давлатшоев Саломат Каноатшоевич – к.т.н., доцент, заведующий лабораторией энергетики, ресурсо- и энергосбережения Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ. тел. (+992 919604041), salomatda@list.ru; Азизов Зуршо Бобохонович – соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ Таджикистана. Тел.: (+992) 98 581 8080, E-mail: zurshoa@gmail.com.

**Маълумот оиди муаллифон:** Шамсуллоев Шодмон Абдуллоевич – унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. shamsulloev9292@mail.ru, Давлатшоев Саломат Қаноатшоевич – н.и.т., дотсент, мудири озмоишгоҳи «Энергетика, захира- ва энергиясарфанамоӣ»-и Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. тел. (+992 919604041), salomatda@list.ru, Азизов Зуршо Бобохонович – унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон. Тел.: (+992) 98 581 80 80, E-mail: zursho\_a@gmail.com.

**Information about authors:** Shamsulloev Shodmon Abdulloevich – applicant for the research, Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology, NAST Address: r. Dangara, s/s Korez, Dangarai bolo village, shamsulloev9292@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. tel. (+992 919604041), salomatda@list.ru; Azizov Zursho Bobokhonovich – researcher at the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Tel.: (+992) 98 581 8080, E-mail: zursho\_a@gmail.com.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СКАЛЬНОГО МАССИВА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ ТУННЕЛЕЙ ВСЛЕДСТВИИ ДЛИТЕЛЬНОГО РЕЖИМА ЭКСПЛУАТАЦИИ

Тоирзода С.Т.<sup>1,\*</sup>, Носиров Н.К.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальная академия наук Таджикистана

\*Адрес-корреспондент: E-mail: avliyoqulov97@mail.ru

**Аннотация.** Инженерно - геологические условия эксплуатации левобережных строительных туннелей СТ-1 и СТ-2 во многом определяются особенностями геологического строения вмещающего горного массива. С целью получения необходимой информации о состоянии вмещающего массива строительных туннелей после длительной эксплуатации работавших в щадящем режиме, были проведены работы по определению упругих и деформационных характеристик массива комплексом геофизических методов. В статье рассматривается обработка материалов геофизических исследований позволяющие определять упругие и деформационные характеристики свойств сохранный массива, зон разгрузки и зон тектонических нарушений для различных инженерно – геологических элементов.

**Ключевые слова:** строительные туннели, массив, геофизика, разгрузка, сейсмическое профилирование, ультразвуковой каротаж, просвечивание, песчаник, алевролит.

**Введение.** В состав левобережных строительных туннелей 1–го и 2–го яруса входят входные оголовки (порталы), подводный напорный участок, затворный узел с сопрягающими участками; низовой безнапорный участок, сопрягающийся с отводящими туннелями ГЭС; вспомогательный туннель. Туннели имеют корытообразную форму поперечного сечения, абсолютные отметки входного портала туннеля первого яруса 990,00 м, второго – 999,00 м [1, 2].

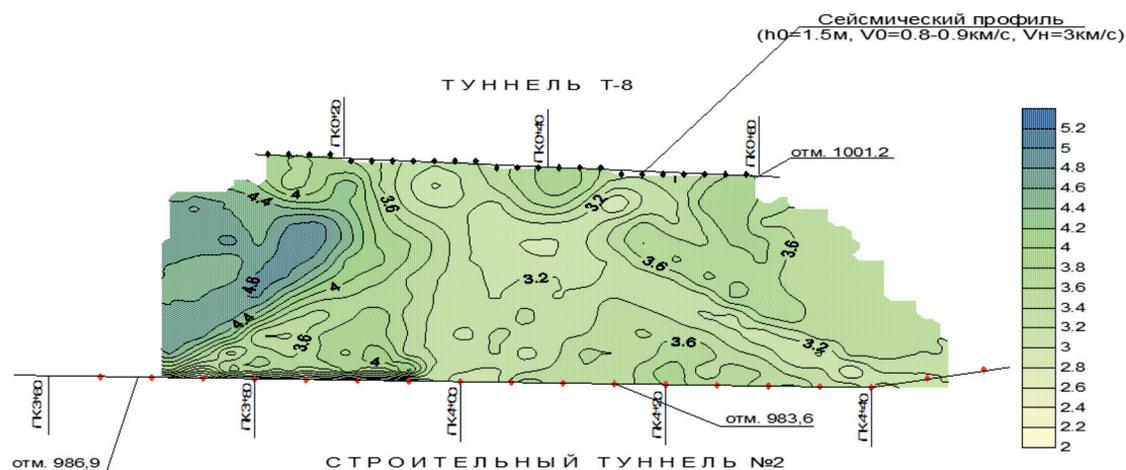
Оба левобережных строительных туннеля пройдены субпараллельно друг другу и в направлении с севера на юг пересекают соленосные и гипсоносные красно – коричневые аргиллиты гаурдакской свиты верхней юры (J3gr) мощностью 17 – 20 м и континентальные нижнемеловые отложения (K1) общей мощностью около 840 м, представленные песчаниками (кызылташская K1kz, верхнеобигармская K1ob2, каракузская K1kg свиты) и алевролитами (нижеобигармская K1ob1) [1, 2].

При длительной эксплуатации подземных сооружений и гидротехнических

туннелей могут формироваться объёмные зоны растягивающих напряжений в песчаных породах, разнонаправленные растягивающие напряжения и усиление процесса релаксации самонапряжённого состояния в алевролитовых массивах [3 - 6].

В 2005 г., после возобновления работ, на участке подземных сооружений был выполнен комплекс геофизических исследований с применением сейсмических и ультразвуковых методов [7 - 10]. В частности, было проведено сейсмическое просвечивание между ПК 0+10-0+60 транспортного туннеля Т-8 и ПК 3+70-4+30 строительного туннеля СТ-2. Результаты этих исследований представлены на рисунке 1.

Изучены породы кызылташской свиты. По данным сейсмического просвечивания в субвертикальной плоскости скорость продольных волн сейсмического диапазона изменяется в пределах 3,0 – 5,0 км/с. Видимая величина зоны разгрузки со стороны строительного туннеля составляет около 7 м, в полу Т-8 – около 1,5 м.



**Рисунок 1.** Результаты сейсмического просвечивания между транспортным туннелем Т-8 и строительным туннелем СТ-2 (2005 год).

В зоне вывала в СТ-2, на противоположной (правой) стене, была выделена зона крайне низких значений  $V_p = 2,20 - 3,00$  км/с. Указанная аномальная зона ориентирована приблизительно по азимуту простирания 4 системы трещин и охватывает участок от ПК4+42 до ПК4+58. Этот участок был интерпретирован как зона возможного нового вывала. Кроме того, дополнительно были выделены два ослабленных участка на пикете ПК4+30 и на пикетах ПК4+83 – 4+90.

В 2013 году, по результатам сейсмического профилирования по обоим стенкам для строительных туннелей СТ-1 и СТ-2 были изучены породы кызылташской К1kr, нижеобигармской К1ob1, верхнеобигармской К1ob2 и каракузской К1kr свит. Для обоих туннелей выявлены две зоны разгрузки – интенсивной и слабой.

Изученный целик сложен песчаниками верхнеобигармской К1ob2 и каракузской К1kr свит. На рис. 2 в виде карты изолиний скоростей представлены результаты сейсмического просвечивания между ПК6+44 – 9+04 строительного туннеля СТ-1 и ПК6+17 – 8+45 строительного туннеля СТ-2. Здесь же нанесены значения скоростей продольных волн в зонах интенсивной и слабой разгрузки по результатам сейсмического профилирования по стенкам туннеля. Для сохранных участ-

ков массива значения скоростей продольных волн составили  $V_p = 4800 - 5200$  м/с, как для верхнеобигармских, так и для каракузских отложений. Между ПК7+60 – 8+60 СТ-1 и ПК7+20 – 8+20 СТ-2 в верхнеобигармских и на границе верхнеобигармских и каракузских отложений выделяется ослабленная зона, в которой значения  $V_p$  понижаются до 4600 – 4800 м/с. Это понижение можно объяснить влиянием двух разломов (№№ 111 и 35), а также влиянием зоны разгрузки вокруг находящейся здесь сбойки №3.

Песчаники кызылташской свиты К1kr изучены сейсмическим профилированием на ПК4+00 - 4+60 СТ-1 и ПК3+55 - 5+00 СТ-2. Эти породы характеризуются значениями скоростей продольных волн  $V_p = 2700 - 3000$  м/с в зоне интенсивной разгрузки, от 3300 м/с до 4000 м/с в зоне слабой разгрузки и  $V_p = 5000$  м/с для сохранных массива. Для зоны трещиноватости (ПК4+90 - 5+00 СТ-2, правая стенка)  $V_p = 2800$  м/с в зоне интенсивной разгрузки,  $V_p = 3700$  м/с в зоне слабой разгрузки и  $V_p = 4500 - 4800$  км/с в массиве. Мощность зоны интенсивной разгрузки составляет 1 – 3 м, мощность зоны слабой разгрузки – 5 – 7 м. В зоне повышенной трещиноватости мощность зоны слабой разгрузки увеличивается до 10 м.



разгрузки и  $V_p = 4500 - 4800$  м/с для относительно сохранного массива. Мощность зоны интенсивной разгрузки составила 1-2 м, слабой – 3 – 6 м, в зоне повышенной трещиноватости – 2 – 3 м и 5 – 8 м соответственно.

На участке случившегося в 1991г вывала на ПК7+70 - 8+41 (между разломами №35 и №111) в строительном туннеле СТ-1, по данным сейсмического профилирования и сейсмического просвечивания, скальный массив характеризуется значениями  $V_p = 4500 - 4900$  м/с, в зоне интенсивной разгрузки –  $V_p = 2500 - 3100$  м/с, в зоне слабой разгрузки –  $V_p = 3300 - 4100$  м/с. Здесь наблюдается заметное увеличение мощности зоны разгрузки – до 8м. На участке вывала в строительном туннеле СТ-2, произошедшем в 1993г на правой стенке на ПК4+25 - 5+00, по результатам сейсмического профилирования получены значения  $V_p = 4500 - 4700$  м/с для относительно сохранного массива,  $V_p = 2800$  м/с для зоны интенсивной разгрузки и  $V_p = 3600 - 3800$  м/с для зоны слабой разгрузки.

На противоположной стене, на участке прогнозируемого вывала со стороны левой стены СТ-2, эти значения составили 4500 м/с для относительно сохранного массива, 2800 м/с для зоны интенсивной разгрузки и 3300 – 3500 м/с для зоны слабой разгрузки, что существенно выше полученных в 2009 г., что объясняется проведенными мероприятиями по укреплению массива на данном участке.

По результатам ультразвукового профилирования по поверхности бетона на оголовке строительного туннеля СТ-1 бетон соответствует марке М250, за исключением ПК 0+24 (М350) и ПК 0+10 (М450), что соответствует хорошему и отличному качеству. В туннеле СТ-2 марке М250 соответствует бетон на ПК 0+21 и 0+23(левая сторона), на правой стороне ПК 0+23 получена марка М350, что также свидетельствует о хорошем качестве. Од-

нако на ПК0+25 СТ-2 состояние бетона хуже - на правой стороне он соответствует марке М150, а на своде – М200.

На участке выявленного неудовлетворительного контакта «бетон-скала» в сводовой части СТ-1 на ПК5+80-6+96 получены очень высокие показатели качества бетона – он соответствует маркам М400 и М450. Такой результат позволяет предположить, что плохое качество контакта связано, скорее всего, с имеющей здесь место сменой литологии (граница между нижнеобигармскими алевролитами и верхнеобигармскими песчаниками).

### Выводы

1. Установлено, что на участке случившегося в 1991г вывала на ПК 7+70-8+41 (между разломами №35 и №111) в строительном туннеле СТ-1, по данным сейсмического профилирования и сейсмического просвечивания, скальный массив характеризуется значениями  $V_p=4500-4900$  м/с, в зоне интенсивной разгрузки –  $V_p=2500-3100$  м/с, в зоне слабой разгрузки –  $V_p=3300-4100$  м/с (зона пониженной характеристики). Здесь наблюдается заметное увеличение мощности зоны разгрузки (зоны разуплотнения) – до 8м. На участке вывала в строительном туннеле СТ-2, произошедшем в 1993г на правой стенке на ПК 4+25-5+00 по результатам сейсмического профилирования получены значения  $V_p=4500-4700$  м/с для относительно сохранного массива,  $V_p=2800$  м/с для зоны интенсивной разгрузки и  $V_p=3600-3800$  м/с для зоны слабой разгрузки (зона пониженной характеристики). На противоположной стене, на участке прогнозируемого вывала со стороны левой стены СТ-2, эти значения составили 4500 м/с для относительно сохранного массива, 2800 м/с для зоны интенсивной разгрузки и 3300-3500 м/с для зоны слабой разгрузки, что существенно выше полученных в 2009г, что объясняется проведенными мероприятиями по укреплению массива на данном участке.

2. Выявлено, что песчаники кызылташской свиты K1kz, алевролиты нижнеобигармской свиты K1ob, песчаники верхнеобигармской свиты K1ob2 и песчаники каракузской свиты характеризуются средними значениями скоростей продольных волн от 2500 до 3200 м/с в зоне интенсивной разгрузки, от 3300 м/с до 4800 м/с в зоне слабой разгрузки и выше 4800 м/с в зоне сохранных пород. Мощность зоны интенсивной разгрузки составляет в среднем для всех выше названных пород составляет 1 – 4 м, мощность зоны слабой разгрузки – 4 – 8 м.

### Литература

1. Давлатшоев С.К., Сафаров М.М., Давлатзода З.Х., Хайриддинов Г.К. Современное состояние скального массива на участке строительных туннелей СТ – 1 и СТ – 2 Рогунской ГЭС // Материалы десятой Международной теплофизической школы «Теплофизические исследования и измерения при контроле качества веществ, материалов и изделий». – Душанбе, ООО «Хочи-Хасан», 2016. С. 389-397.
2. Давлатшоев С.К., Тоирзода С.Т., Чакалов С.Х. Изучение состояния скального массива строительных туннелей СТ – 1 и СТ – 2 Рогунской ГЭС после длительной эксплуатации. Материалы межд. н-пр. конф. «XIII Ломоносовские чтения» посвящённой 115-летию ак. Бободжона Гафуроа. Часть III. Естественные науки. – Душанбе, 2023. –С. 232-237.
3. Давлатшоев С.К. Оценка качества укрепительной цементации вмещающего массива песчаников в условиях растягивающих напряжений. Гидротехническое строительство, №12, 2021. –С. 15-20.
4. Давлатшоев С.К. Влияние объёмного нагружения скальных пород подземного помещения на процесс релаксации самонапряжённого состояния алевролитового массива. Гидротехническое строительство, №1, 2022. –С. 6-12.
5. Davlatshoev S. K. Evaluation of the quality of strengthening cementation of an enclosing sandstone massif under tensile stresses. Power Technology and Engineering, vol. 56, No. 1, May, 2022. Pp. 46-51. <https://doi.org/10.1007/s10749-023-01469-10>.
6. Davlatshoev S. K. Influence of volumetric loading of rocks surrounding underground chambers on the relaxation of self-stressed aleurolite massif. Power Technology and Engineering, vol. 56, No. 2, July, 2022. Pp. 157-163. <https://doi.org/10.1007/s10749-023-01488-x>.
7. Давлатшоев С.К. Контроль качества цементационных работ вмещающего массива в опытном участке методом сейсмического каротажа. Гидротехническое строительства, №2, 2020., –С. 52 - 56.
8. Давлатшоев С.К. Исследование качества цементационных работ вмещающего массива подземных сооружений ультразвуковым методом. Гидротехническое строительства, №4, 2020. –С. 2 - 7.
9. Davlatshoev S. K. Quality control of cementation operation performed in country massif in a test section by seismic well logging. Power Technology and Engineering, vol. 54, No. 2, July, 2020. Pp. 199-203. <https://doi.org/10.1007/s10749-020-01191-1>.
10. Davlatshoev S. K. Ultrasound study of the quality of consolidation grouting works retaining rocks in underground structures logging. Power Technology and Engineering, vol. 54, No. 3, September, 2020. Pp. 332-336. <https://doi.org/10.1007/s10749-020-01211-0>.

## ТАҲҚИҚИ ХУСУСИЯТҲОИ ФИЗИКАЮ МЕХАНИКИИ ҚИСМҲОИ КҮҲИИ НАҚБҲОИ ГИДРОТЕХНИКӢ ДАР НАТИҶАИ РЕҶАИ ДАРОЗМУДАТИ ИСТИФОДАБАРӢ

Тоирзода С.Т.<sup>1\*</sup>, Носиров Н.К.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институтуи масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

\*Муаллифи масъул. E-mail: [avliyoqulov97@mail.ru](mailto:avliyoqulov97@mail.ru)

**Аннотация.** Шароити инженерии геологии ба қор андохтани туннельҳои соҳили чапи бинокории СТ-1 ва СТ-2 асосан бо хусусиятҳои соҳти геологии қаторқуҳҳои ҳамбаства муайян карда мешавад. Бо мақсади ба даст овардани маълумоти зарурӣ дар бораи ҳолати массиви маҳкамқунан-даи туннелҳои бинокорӣ баъди дар ре-жими нарм қор фармудани дуру дароз бо ёри маҷмуи усулҳои геофизики оид ба муайян кардани характеристикаҳои эластикӣ ва деформатсиявии массив қор гузаронда шуд. Дар мақола қорқарди маводи тадқиқоти геофизикӣ, ки имкон медиҳанд хусусиятҳои чандирӣ ва деформатсияи ҳосиятҳои массиви

ви нигоҳдошташуда, минтақаҳои борфарорӣ ва минтақаҳои шикасти тектоникии элементҳои гуногуни муҳандисии геологиро муайян мекунанд, баррасӣ карда мешавад.

**Калидвожаҳо:** нақбҳои сохтмонӣ, массив, геофизика, борфарорӣ, профили сейсмикӣ, картаҳои ул-трасадой, радиография, регсанг, алевролит.

## STUDY OF PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF ROCK MASSIF OF HYDRAULIC TUNNELS DUE TO LONG-TERM OPERATION

Toirzoda S.T.<sup>1\*</sup>, Nosirov N.K.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology National Academy of Sciences

\*Corresponding author. E-mail: avliyoqulov97@mail.ru

**Abstract.** The engineering and geological conditions for the operation of the left-bank construction tunnels CT-1 and CT-2 are largely determined by the features of the geological structure of the enclosing mountain range. In order to obtain the necessary data on the condition of the enclosing array of construction tunnels after long-term operation, which worked in a gentle mode, work was carried out to determine the elastic and deformation characteristics of the array using a set of geophysical methods. The article discusses the processing of geophysical research materials, which makes it possible to determine the elastic and deformation characteristics of the properties of a preserved mass, unloading zones and zones of tectonic disturbances for various engineering and geological elements.

**Keywords:** construction tunnels, massif, geophysics, unloading, seismic profiling, ultrasonic logging, transillumination, sandstone, siltstone.

**Сведения об авторах:** Тоирзода Сухроб Тоир – Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, докторант PhD, Тел.: (+992) 905773310, E-mail: avliyoqulov97@mail.ru; Носиров Наби Косимович – док. тех. наук, главный научный сотрудник лаборатории «Моделирование водных ресурсов и климатических процессов» Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, E-mail: nosirov1940\_10@mail.ru.

**Маълумот дар бораи муаллиф:** Тоирзода Сухроб Тоир – Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, докторанти PhD. Тел.: (+992) 905773310, E-mail: avliyoqulov97@mail.ru; Носиров Наби Қосимович- доктори илмҳои техникӣ, Сарҳодими илмии лабораторияи “Моделкунонии захираҳои об ва равандҳои иқлим” Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи АМИТ, E-mail: nosirov1940\_10@mail.ru.

**Information about the author:** Toirzoda Suhrob Toir – Institute of water problems, hydropower and ecology, doctoral student or PhD, Phone: (+992) 905773310, E-mail: avliyoqulov97@mail.ru; Nosirov Nabi Kosimovich - Doctor of Technical Sciences, Chief Scientific Officer of the Laboratory "Modeling of Water Resources and Climate Processes" of the Institute of Water, Hydropower and Ecology of NAST, E-mail: nosirov1940\_10@mail.ru.

## ПОСТАНОВКА НАУЧНОЙ ЗАДАЧИ ПО ОБОСНОВАНИЮ РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ НАСЕЛЕНИЯ В СФЕРЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Курбон Н.Б.<sup>1\*</sup>, Хабибзода Х.Т.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальная академия наук Таджикистана

<sup>2</sup>Академия МВД Республики Таджикистан

\*Автор-корреспондент: [habibzoda97@inbox.ru](mailto:habibzoda97@inbox.ru)

**Аннотация.** Современное развитие общества, а также все более динамично изменяющаяся геополитическая обстановка подчеркивают жизненно важную необходимость эффективной подготовки населения в области чрезвычайных ситуаций. В условиях геополитических и физико-географических особенностей Республики Таджикистан особенно актуально проводить углубленный анализ современных научных исследований по этой важной тематике. Такие исследования помогут не только обосновать перспективы дальнейшего совершенствования подготовки граждан, но и выявить специфические проблемы, которые требуют решения, а также методы, адаптированные к уникальным условиям региона и его культуре.

В данной работе авторы систематизировали результат анализа научных трудов, посвященных решению задачи совершенствования процесса подготовки населения в области чрезвычайных ситуаций, а также проанализировали современное состояние исследуемой сферы деятельности. Основываясь на этом исследовании, поставлена научная задача по совершенствованию чрезвычайных ситуаций в Республике Таджикистан.

**Ключевые слова:** чрезвычайные ситуации, гражданская оборона, система подготовки населения, рациональная структура подготовки.

### Введение

Подготовка населения Республики Таджикистан в области чрезвычайных ситуаций (ЧС), защиты населения от чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера представляет собой сложную организационную систему, функционирующую как важный аспект обеспечения безопасности и защиты граждан от опасностей, присущих современному уровню развития экономической, технологической, политической, военной сфер деятельности, а также природно-климатическим и физико-географическим условиям и факторам. В условиях нарастающих глобальных угроз, включая природные катастрофы, террористические действия и прочие ЧС, актуальность такой подготовки становится неоспоримой. Население, умеющее эффективно реагировать на экстремальные ситуации, способствует обеспечению общей стабильности общества и государства.

С учетом сложившихся геополитических реалий региона разработка модели и алгоритмов подготовки населения Таджикистана в сфере ЧС приобретает особую значимость.

Представителей населения, подготовленных по специальным программам для эффективных действий в условиях опасных факторов критической обстановки, можно рассматривать не только как основу для успешного выполнения аварийно-спасательных работ (АСР), составляющих суть ликвидации ЧС, но и как активных участников, способных передавать свои знания и действия другим членам общества. Теоретические знания, получаемые этими категориями населения в ходе подготовки по вопросам защиты от ЧС и ГО, служат фундаментом и отправной точкой для овладения практическими навыками.

Эффективное реагирование местного населения на возникающие при ЧС и в действии современных средств поражения

угрозы и опасности является результатом кумулятивного действия отдельных членов общества по минимизации их последствий.

Необходимо отметить, что укрепление национальной безопасности и суверенитета страны, находящаяся в определенной зависимости, в том числе, от уровня подготовки населения в рассматриваемой сфере, однако его численные и прогностические показатели требуют дальнейшего осмысления и обоснования.

Анализ научных работ по вопросам подготовки населения в сфере ЧС. Современные технологии позволяют более эффективно организовать процессы обучения, мониторинга и координации действий населения в чрезвычайных ситуациях, что способствует повышению эффективности ЧС. Важным аспектом подготовки населения в сфере ЧС является использование информационных технологий.

Учитывая факт, что одной из основных, наиболее объемных и перспективных направлений подготовки населения является работа с обучающимися образовательных организаций высшего образования. В статье [1] рассмотрена методика, которая основана на использовании современных компьютерных технологий и разработанного учебного программного комплекса в Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана.

В статьях [2] и [3] рассматриваются изменения, оцениваются риски в системе ГО, а также предлагаются конкретные мероприятия, по улучшению организации действий сил ГО.

В статьях [4, 5] описывается использование информационных технологий в гражданской обороне, формулируются задачи по поиску оптимальных решений и обсуждаются вопросы координации деятельности и информационного взаимо-

действия органов управления ГО, а также сил и средств ГО.

Исследования по гражданской обороне часто обращают внимание на важные аспекты подготовки населения. Они анализируют основные способы и направления обучения граждан для действий в ЧС, а также изучают меры государственной поддержки и стимулирования активного участия населения в гражданской обороне. В статье [6] подробно рассмотрены пути формирования и методы внедрения культуры безопасности жизнедеятельности. Там же анализируется деятельность системы подготовки населения в области ЧС и защиты от ЧС, выделены проблемы и особенности обучения населения в этих областях. В статье [7] поднимается вопрос о важности обучения студентов ВУЗов основам ГО и аспектах их подготовки. В рамках этого исследования также проанализированы нормативные акты Российской Федерации в области ЧС, а также предложены варианты решения проблемы, влияющих на безопасность населения и окружающей среды от различных опасностей.

В статьях [8-12] проведен анализ различных аспектов подготовки специалистов в области ЧС и защиты от ЧС. В статье [8] были изучены активные методы обучения специалистов при угрозах гидрологического характера, подчеркнута их эффективность и способность повысить интерес к обучению. Отмечено, что применение ситуационных практических тренировок способствует формированию необходимых знаний и умений у специалистов. В свою очередь, статьи [9, 10] посвящены проблемам подготовки руководителей ГО на различных уровнях, а также работников в сфере производства и обслуживания. Исходя из результатов исследований, в них предложены новые организационные формы обучения и рекомендации по их внедрению [9, 10].

Необходимо уделить особое внимание подготовке населения в Таджикистане, принимая во внимание его геополитическое положение и местные особенности. Статьи [13-15] посвящены истории ГО в Республике Таджикистан, вопросам совершенствования порядка организации и проведения обучающих мероприятий по гражданской обороне на различных уровнях государственной системы гражданской защиты. Они также содержат результаты, подтверждающие важность совершенствования порядка подготовки к учениям по действиям в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера.

В работах [16] обсуждаются важные проблемы, касающиеся подготовки профессиональных спасателей. Авторы представляют различные подходы к разработке планирующих документов и описывают алгоритм подготовки к учениям. Также рассматриваются методические подходы к организации и проведению учений и деловых игр, включая использование информационных технологий в области ЧС и защиты населения от ЧС природного и техногенного характера, а также в организации и проведении АСР [16].

Дальнейшее проведение исследований в этой области поможет выявить конкретные проблемы и методы их решения, адаптированные к местным условиям.

Анализ современного состояния подготовки населения в сфере ЧС в Республике Таджикистан. ГО представляет собой систему общегосударственных мероприятий, предназначенных для защиты населения, экономики и территории страны, как до начала, так и во время боевых действий. Управление и организация ГО являются ключевыми функциями государства и составляют важную часть системы обороны и безопасности [17].

В Республике Таджикистан ГО организуется с учетом территориальных осо-

бенностей различных регионов, городов и предприятий независимо от их формы собственности в мирное время. Реализация мероприятий ГО начинается с момента объявления военного положения Президентом страны, начала военных действий или ввода в состояние войны.

Права и обязанности граждан в сфере ЧС предполагают их активное участие в различных мероприятиях, соблюдение законодательных и нормативных актов, а также получение навыков защиты от угроз, связанных с военными конфликтами. Граждане обязаны оказывать поддержку государственным учреждениям и организациям в выполнении задач гражданской обороны. Обучение организуется на рабочих местах и в местах проживания по программе, разработанной Комитетом по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне при Правительстве Таджикистана. Эта программа включает занятия, учения и использование средств массовой информации. Все граждане старше 16 лет обязаны проходить обучение; работники, не относящиеся к специализированным формированиям, получают знания непосредственно на рабочем месте без отрыва от основной деятельности. Ученики образовательных учреждений, включая школьников и студентов, проходят обучение по утвержденным программам в учебное время, а трудоспособные граждане, не работающие, получают образование в своих местах проживания под руководством Начальника гражданской обороны Таджикистана<sup>1</sup>.

Согласно постановлению Правительства Республики Таджикистан от 31 декабря 2014 года №833 [17] первоочередной задачей является привлечение к обучению в области ЧС работников административных органов и организаций. Контроль и методическое руководство за обучением населения осуществляется Комитетом по ЧС и ГО в мирное время. Готовность аварийно-спасательных служб к реагиро-

ванию на ЧС и проведению необходимых мероприятий проверяется путем проведения аттестаций, учений различного уровня и направленности, а также проверки, проводимые соответствующими организациями и учреждениями, включая территориальные органы Комитета по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне. Дополнительное обучение и переподготовка спасательных служб и формирований осуществляются в специальном Центре подготовки в рамках установленных процедур.

Обучение населения и специалистов направлено на их профессиональную

подготовку по вопросам связанных с ЧС, проведением АСР, что позволяет снизить возможные потери среди населения, минимизировать материальный ущерб и уменьшить социальную напряженность. Важной целью данного обучения является обеспечение готовности граждан к действиям в условиях ЧС, чтобы они могли защитить себя и своих близких, с особым вниманием к неработающему населению, в частности пенсионерам, как наиболее уязвимой группе.

Схема органов управления, осуществляющих подготовку населения представлена на рис. 1.

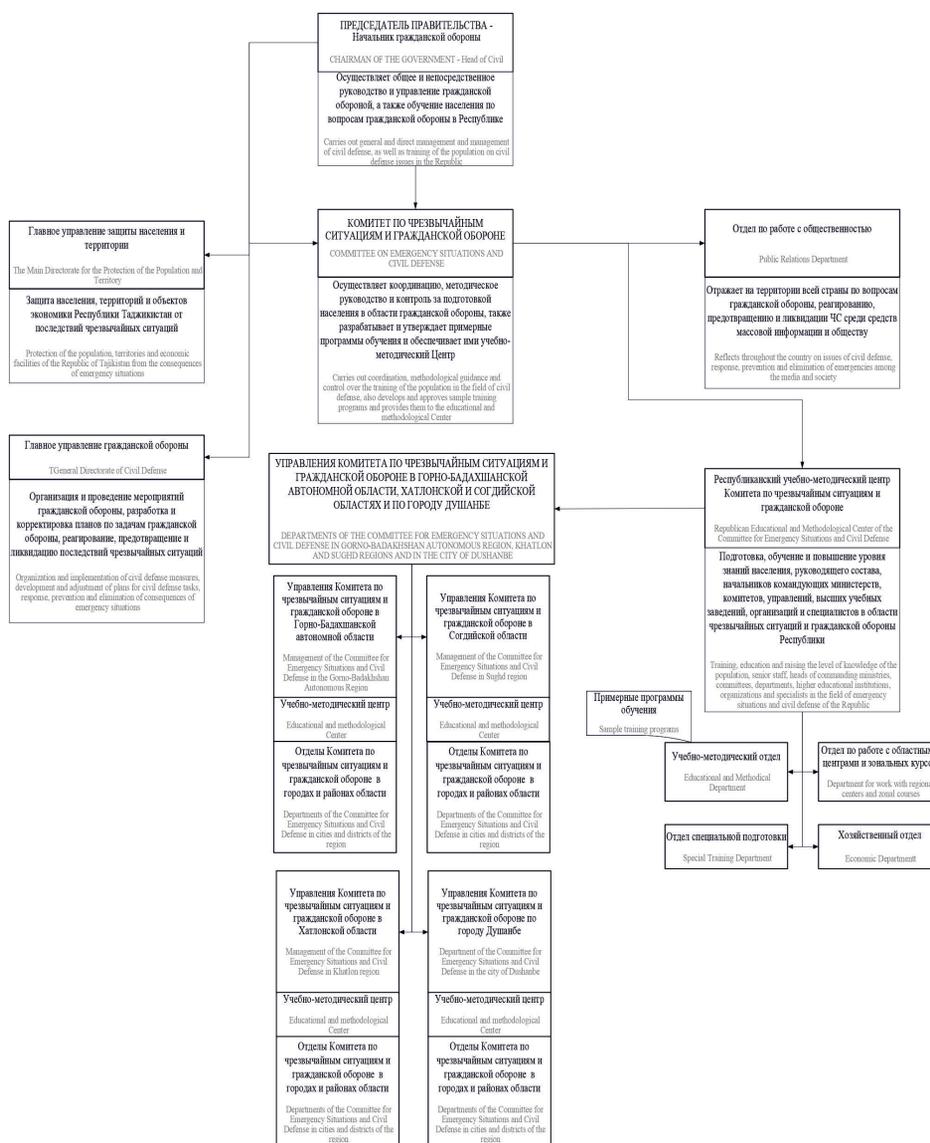


Рисунок 1. Органы управления, осуществляющие подготовку населения<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Закон Республики Таджикистан «О гражданской обороне» (в последней редакции).

Постановка научной задачи на исследование. Анализ нормативно-правовой базы Таджикистана, касающейся подготовки населения, выявил ряд проблем, среди которых отсутствуют четкие определения для системы подготовки и пропаганды знаний в области ЧС, неопределенность в привлечении нетрудоспособного населения к учениям и отсутствие установленной частоты их подготовки.

При этом выявлено противоречие. С одной стороны, население в случае ЧС нуждается в защите от её опасных факторов, а сохранение жизни и здоровья граждан зависит, прежде всего, от самих граждан, их уровня подготовленности к действиям в экстремальных условиях.

С другой стороны, в режиме повседневной деятельности значительная часть населения не задумывается о возможных ЧС. Подготовку к действиям в условиях ЧС проходят лишь те граждане, которым это предписывается исходя из должностных обязанностей.

Авторы проанализировали количество обученных в области ЧС и ГО в Республике Таджикистан с 2016 по 2023 год [18]. Можно выявить тенденцию по увеличению количества обучаемых по этим вопросам, однако этого явно недостаточно, учитывая численность населения РТ более 10 млн. человек, и их пропорционального распределения по областям страны (рисунок 2).

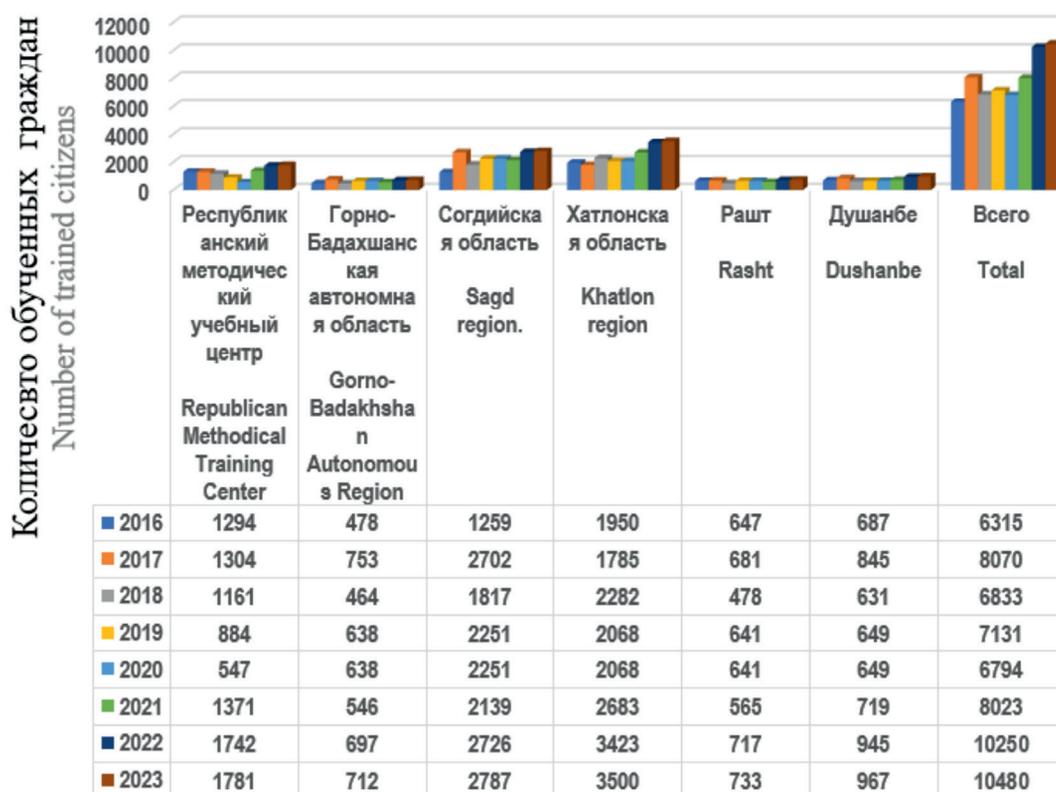


Рисунок 2. Анализ количества обученных по вопросам ЧС и ГО в Республике Таджикистан с 2016 по 2023 годы.

Однако, несмотря на выявленную тенденцию, имеется ряд проблемных вопросов, напрямую влияющих на качество подготовки населения, и опосредованно

– на уровень защищенности населения от опасных факторов, реализующихся при ЧС природного и техногенного характера.

В Республике Таджикистан не во всех административных единицах функционируют пункты обучения по гражданской обороне, что затрудняет подготовку неработающего населения. Не все муниципальные учебные заведения имеют подходящую учебно-материальную базу, соответствующую нормативным требованиям, а недостаточно высокий профессиональный уровень некоторых сотрудников, ответственных за обучение, усугубляет ситуацию. Проблема отсутствия разработанного плана по привлечению граждан на занятия также остаётся актуальной, как и низкая мотивация неработающих граждан к обучению в области ЧС и защиты от ЧС. Это приводит к недостаточному уровню знаний и умений по действиям в условиях природных и техногенных катастроф, а также в ходе боевых действий, что противоречит государственным целям по эффективной защите граждан и окружающей среды. Учитывая, что большинство жителей страны живёт в потенциально опасных зонах, данная ситуация может привести к значительным потерям для жизни и здоровья граждан, их имущества и экосистемы, а также повысить риск возникновения ЧС [17].

Отсутствует простой и понятный, но законодательно, нормативно определённый механизм взаимодействия между органами власти и организациями всех уровней по вопросам подготовки населения к гражданской обороне.

Существует формальный подход к учету подготовки неработающих граждан, где не используются предусмотренные законодательством средства, такие как 5 процентов эфирного времени на социальную рекламу, из-за отсутствия конкретных указаний по их использованию. Финансирование подготовки неработающего населения оказывается недостаточным, о чём свидетельствует низкий охват населения системами оповещения из-за неудовлетворительного количества таких

комплексов, а в некоторых регионах их отсутствие только усугубляет ситуацию.

Анализ существующей системы подготовки населения в области ЧС и защиты от ЧС, представленный в данной статье, выявляет ряд проблем, свидетельствующих о её несоответствии современным требованиям. Это подчеркивает необходимость внедрения новых форм и методов обучения, а также дополнительных мероприятий, направленных на улучшение доступности знаний и навыков для широкого круга населения. Важно также оценить, как уровень подготовки граждан влияет на общую защищенность от угроз, связанных с чрезвычайными ситуациями и военными конфликтами. В связи с этим цель исследования заключается в совершенствовании процессов подготовки населения Республики Таджикистан в сфере ЧС и защиты от природных и техногенных ЧС. Для достижения этой цели планируется решить несколько задач: разработать модель подготовки населения, создать алгоритм обучения для неработающих граждан, установить эффективное взаимодействие между органами власти и организациями, разработать цифровую модель сотрудника Комитета по ЧС и ГО, а также оптимизировать структуру системы подготовки населения.

Решение задачи разрешения противоречия между необходимым уровнем подготовленности населения к действиям в условиях воздействия опасных факторов чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов, и реальным уровнем подготовленности, возможно путём создания модели подготовки населения с последующей апробацией, в том числе в реальных планах и программах подготовки.

### **Выводы**

1. Анализ научных работ по подготовке населения в сфере защиты от ЧС и ГО показывает необходимость дальнейшего совершенствования данного процесса с учетом мировых тенденций.

2. Важно развивать современные методики обучения, интегрировать информационные технологии и учитывать региональные особенности при разработке программ обучения и планов действий на случай ЧС. Это обеспечит эффективную защиту населения и государства в целом.

3. Учитывая геополитическое положение Республики Таджикистан и особенности региона, требуются дополнительные исследования в этой области, которые помогут решить специфические проблемы путем применения адаптированных к местным условиям методов.

### **Литература**

1. Девисилов В.А., Александров А.А., Сушев С.П., Копытов Д.О., Калайдов А.Н. Технология обучения студентов по направлению "Техносферная безопасность" (профилю "Защита в чрезвычайных ситуациях") на кафедре "экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н.Э. Баумана // *Безопасность в техносфере*, 2014. - Т.3. - №3. - С.55-59.
2. Овеснов В.В., Бакулин Л.В. Формирование нового облика ГО и выполнение мероприятий ГО организациями в современных условиях // *Фундаментальные проблемы образования в области безопасности жизнедеятельности: Материалы научно-практической конференции*, Санкт-Петербург, 12–13 ноября 2019 года / Под общей редакцией Э.М. Ребко, П.В. Станкевича. – Санкт-Петербург: Общество с ограниченной ответственностью "Бук", 2019. - С.153-160.
3. Заворотный А.Г., Резниченко С.А., Блинов А.Г. Совершенствование способов организации действий сил ГО на примере модели управления гражданской обороной Свердловской области // *Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях: Труды II международной научно-практической конференции*, Екатеринбург, 31 мая – 01 июня 2016 года. – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2016. – С. 218-226.
4. Бобров А.И., Чуйков Д.А., Побединский А.С. Информационные технологии ГО, сбор и обмен информацией в области ГО // *Современные технологии обеспечения ГО и ликвидации последствий ЧС*, 2019. - №1 (10). - С.45-47.
5. Щепилов И.А. Организация координации деятельности и информационного взаимодействия органов управления гражданской обороной, сил и средств ГО // *Материалы научно-практической конференции*, посвящённой Всемирному дню ГО: Материалы конференции, Москва, 01 марта 2017 года. – Москва: Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2017. – С.164-167.
6. Тараканов А.Ю., Твердохлебов Н.В., Норсеева М.Е. Пути реализации основных направлений формирования культуры безопасности жизнедеятельности в сфере полномочий МЧС России // *Вестник НЦБЖД*. – 2011. - №3(9). - С.14-20.
7. Коханов А.К. О необходимости обучения студентов вузов основам ГО населения и некоторых аспектах их подготовки // *Проблемы современного педагогического образования*, 2014. - № 44-1. - С.111-117.
8. Рондырев-Ильинский В.Б., Стригун Т.С., Кузнецова В.П., Тарасенко А.С. Практические тренировки как способ активизации обучения специалистов в области ГО и ЧС к действиям при гидрологических опасностях в период их профессиональной подготовки // *Педагогический журнал*, 2021. - Т.11. - №1-1. - С.182-189. – DOI 10.34670/AR.2021.43.51.023
9. Твердохлебов Н.В. Стратегия подготовки руководителей ГО и работников органов управления ГО // *Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение безопасности при чрезвычайных ситуациях: Материалы VII Международной научно-практической конференции*, Санкт-Петербург, 24 сентября 2015 года. – Санкт-Петербург: Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам ГО, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2015. - С.17-19.
10. Твердохлебов Н.В., Норсеева М.Е. Формы подготовки руководителей ГО и работников органов управления ГО требуют уточнения // *Вестник НЦБЖД*, 2015. - №2(24). - С.120-125.
11. Калайдов А.Н., Рюкина А.А. Подготовка кадров для государств СНГ в области предупреждения и ликвидации ЧС в условиях цифровизации образования // *Технологии гражданской безопасности*, 2023. - Т.20. - №8. - С.60-68.
12. Калайдов А.Н., Рюкина А.А. К вопросу применения информационно-коммуникативных технологий для оценивания качества освоения компетенций иностранных слушателей в условиях дистанционного обучения // *Актуальные проблемы преподавания русского языка как неродного/иностранного: российские и зарубежные практики. Материалы Международной научно-методической конференции*. Ставрополь, 2023. - С.304-308.

13. Жагупаров Ж.Е., Абдрахманов А.А. Азаматтық қорғаудың мемлекеттік жүйесінің объектілік деңгейінде азаматтық қорғаныс бойынша оқу-жаттығуларды өткізу әдістемесін жетілдіру // Азаматтық қорғаудағы ғылым мен білім, 2022. - №3. - Р.70-78.
14. Ҳофизов Ҳ.Р., Абдуллоев Ш. Таърихи рушди мудофияи граждани ва мақоми он дар замони муосир // Вестник Технологического университета Таджикистана. Серия: Гуманитарные науки и профессиональная педагогика, 2021. - №1(7). - Р.99-108.
15. Ҳофизов Ҳ.Р. Аз таърихи мудофияи шаҳрвандӣ дар рушди Тоҷикистони муосир // Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, 2021. - №7. - Р.88-93.
16. Бедило М.В., Калайдов А.Н., Неровных А.Н. О формировании профессиональных компетенций на командно-штабных учениях // Пожары и ЧС: предотвращение, ликвидация, 2016. - №2. - С.32-35 – DOI: 10.25257/FE.2016.2.32-35.
17. Курбонов Н.Б. Анализ чрезвычайных ситуаций и их влияния на социально-экономическое положение Республики Таджикистан // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук, 2019. - №7. - С.10-15.
18. Обзор о чрезвычайных ситуациях в Республике Таджикистан за 2023 год. [Электронный ресурс]. URL: <https://cloud.mail.ru/public/8Enb/5AmjMctJd> (дата обращения: 05.09.2024).

## МАСЪАЛАГУЗОРИИ ИЛМӢ ОИД БА АСОСНОКНАМОИИ СОХТОРИ ОҚИЛОНАИ СИСТЕМАИ ОМОДАНАМОИИ АҲОЛӢ ДАР СОҲАИ ҲОЛАТҲОИ ФАВҚУЛОДДА

Курбон Н.Б.<sup>1\*</sup>, Ҳабибзода Ҳ.Т.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институту масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

<sup>2</sup>Академияи Вазорати қорҳои дохилии Ҷумҳурии Тоҷикистон

\*Муаллифи масъул: [habibzoda97@inbox.ru](mailto:habibzoda97@inbox.ru)

**Шарҳи мухтасар.** Рушди муосири ҷомеа, инчунин вазъи торафт тағйирбанди геополитикӣ зарурати ҳаётан муҳими оmodасозии самараноки аҳолиро дар соҳаи ҳолатҳои фавқулода таъкид мекунад. Дар шароити хусусиятҳои геополитикӣ ва физикию географии Ҷумҳурии Тоҷикистон таҳлили амиқи таҳқиқоти илмии муосир дар ин мавзӯи муҳим махсусан муҳим аст. Чунин таҳқиқотҳо на танҳо барои асоснок кардани дурнамои такмили минбаъдаи оmodагии шаҳрвандон, балки барои муайян кардани мушкилоти мушаххасе, ки ҳалли онҳо талаб мекунад, инчунин усулҳои, ки ба шароити беназири минтақа ва фарҳанги он мутобиқ карда шудаанд, қўмак мерасонанд.

Дар ин қор муаллифон натиҷаи таҳлили асарҳои илмиро, ки ба ҳалли масъалаи такмили раванди оmodасозии аҳоли дар соҳаи ҳолатҳои фавқулода бахшида шудаанд, ба низом дароварда, вазъи кунунии соҳаи таҳқиқшавандаи фаъолиятро таҳлил намуданд. Дар асоси ин таҳқиқот вазифаи илмӣ оид ба беҳтар намудани ҳолатҳои фавқулода дар Ҷумҳурии Тоҷикистон гузошта шудааст.

**Калидвожаҳо:** ҳолатҳои фавқулода, мудофияи граждани, системаи оmodасозии аҳоли, сохтори оқилонаи оmodагӣ.

## SETTING A SCIENTIFIC PROBLEM TO JUSTIFY A RATIONAL STRUCTURE OF THE SYSTEM OF TRAINING THE POPULATION IN THE FIELD OF EMERGENCY SITUATIONS

Kurbon N.B.<sup>1\*</sup>, Habibzoda H.T.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan

<sup>2</sup>Academy of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Tajikistan

\*Corresponding author: [habibzoda97@inbox.ru](mailto:habibzoda97@inbox.ru)

**Abstract.** The modern development of society, as well as the increasingly dynamically changing geopolitical situation, emphasize the vital need for effective training of the population in the field of emergency situations. In the context of the geopolitical and physical-geographical features of the Republic of Tajikistan, it is especially

important to conduct an in-depth analysis of modern scientific research on this important topic. Such studies will help not only to substantiate the prospects for further improving the training of citizens, but also to identify specific problems that need to be solved, as well as methods adapted to the unique conditions of the region and its culture.

In this paper, the authors systematized the result of the analysis of scientific papers devoted to solving the problem of improving the process of training the population in the field of emergency situations, and also analyzed the current state of the field of activity under study. Based on this research, a scientific task has been set to improve emergency situations in the Republic of Tajikistan.

**Keywords:** emergency situations, civil defense, public training system, rational training structure.

**Маълумот дар бораи муаллифони:** Курбон Номвар Бойназар – номзади илмҳои техники, дотсент, мудири лабораторияи моделкунонии захираҳои об ва равандҳои иқлими Институди масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел.: (+992)93-474-88-66, E-mail: knomvarb.0502@gmail.com; Ҳабибзода Ҳокимҷон Тохирҷон – капитани милитсия, муаллими калони кафедраи ҳифзи ҳолатҳои фавқуллодаи Академияи ВКД Ҷумҳурии Тоҷикистон, Тел.: (+992)93-533-35-63, E-mail: habibzoda97@inbox.ru.

**Сведения об авторах:** Курбон Номвар Бойназар – кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией моделирования водных ресурсов и климатических процессов Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, Тел.: (+992)93-474-88-66; E-mail: knomvarb.0502@gmail.com; Хабибзода Ҳокимҷон Тохирҷон – капитан милиции, старший преподаватель кафедры чрезвычайных ситуаций Академии МВД Республики Таджикистан, Тел.: (+992)93-533-35-63; E-mail: habibzoda97@inbox.ru

**Information about the authors:** Kurbon Nomvar Boynazar – Candidate of Technical Sciences, Docent, Head of the Laboratory of Water Resources and Climate Processes Modeling of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology, National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone: (+992)93-474-88-66; E-mail: knomvarb.0502@gmail.com; Habibzoda Hokimjon Tohirjon – Police Captain, Senior Lecturer of the Department of Emergency Situations of the Academy of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Tajikistan, Phone: (+992)93-533-35-63; E-mail: habibzoda97@inbox.ru

ТУД 543.3;502.51

## МОНИТОРИНГИ ДИНАМИКАИ СИФАТИ ОБИ ДАРӢИ ВАРЗОБ ДАР ШАРОИТИ МУОСИРИ ТАӢИРӢБИИ ИҚЛИМ

Бобоев Т.Д.<sup>1</sup>, Фазлиддини Н.<sup>1</sup>, Муродов П.Х.<sup>1,\*</sup>, Холназарова З.Д.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институди масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

<sup>2</sup>Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С.Осимӣ

\*Муаллифи масъул: E-mail: murodov.8686@mail.ru

**Шарҳи мухтасар.** Дар мақолаи мазкур масъалаҳои вобаста ба ҳолати кунуни низоми мониторинги объектҳои об ва роҳҳои нави мукамалгардонии мониторинги динамикаи сифати обро дар мисоли дарӢи Варзоб мавриди таҳқиқ қарор дода шудааст. Муқаррар карда шудааст, ки бо дарназардошти таъсири тағйирӢбии иқлим ифлосшавии сифати оби дарӢи Варзоб таи солҳои охир характери мавсимӣ надошта, балки аз суръати обшавии тиряхҳо низ вобастагӣ пайдо намудааст. Ҳангоми ҳисоб кардани индекси ифлосшавии об дар мисоли нишондиҳандаи тиррагӣ барои ҳавзаи дарӢи Варзоб вобаста аз солҳои интиҳобӣ бузургии 0,37 ба даст оварда шудааст, ки обҳоро ба гурӯҳи дуоми сифат – “оби тоза” мансуб медонад.

**Калидвожаҳо.** Мониторинги объектҳои об, оби нӯшокӣ, сифати об, индекси ифлосшавии об, ҳадди ҷоизи гилзат.

Муқаддима. Дар шароити муосир таъсири равандҳои тағйирӢбии иқлим ба низоми экологии объектҳои об назаррас арзӢбӣ карда мешавад. Ҳарчанд баробарвазнии бузургии низоми экологии объектҳои об зери таъсири равандҳои табиӣ

хеле сусти иваз мешавад. Чунин ивазшавии эволютсионии дар шароити табиӣ мунназам ва дар давраҳои мӯйяяну гуногун ба вуқӯ меояд. Таъсири омилҳои антропогенӣ ба захираҳои об бошад хеле бо суръати баланд ва эҳсоскунанда ба назар

мерасад. Барои муайян намудани фарқи-яти тағйирёбии таъсири антропогенӣ аз тағйирёбии равандҳои табиӣ масъалаи мониторинги динамикаи тағйирёбии сифати обҳои табиӣ муҳим арзёбӣ карда мешавад [1-2].

Мониторинг яке аз масъалаҳои муҳими ҳалли вазифаҳои беҳатарии экологӣ ва таъмини рушди устувор ба ҳисоб меравад. Мушоҳидаи ҳолати муҳити зист ва объектҳои об, сатҳи ифлосшавии онҳо қисмати муҳими назорати экологии давлатиро ташкил медиҳад. Зарурати арзёбии саривақтии ҳолати муҳити зист ва объектҳои об, ва бо ин васила ҳифзи саломатии аҳоли, самаранокии чорабиниҳои ҳифзи муҳити зист ва низоми экологии объектҳои об, масъалаҳои муҳим ба ҳисоб меравад. Мониторинг натавонанд корҳои мушоҳидавӣ ва арзёбии ҳолати кунуниро,

балки дурнамо ва тавсияҳоро оид ба идоракунии минбаъдаи вазъи муҳити зистро дар бар мегирад [3-4].

Вобаста ба ин, низоми мониторинги муҳити зист ва объектҳои об пеш аз ҳама самтҳои муҳими мазкурро бояд дар бар гирад:

- мушоҳида ва назорат – мушоҳидаи мунназами ҳолати объектҳои об;
- дурнамо – муайян намудани тағйирёбии имконпазири объекти обӣ вобаста аз шароитҳои иқлимӣ ва антропогенӣ;
- идоракунии – андешидани чорабиниҳо оид ба танзимдарории ҳолати объекти об.

Дар расми 1 низоми мукаммали мониторинги объектҳои об пешниҳод мегардад.



Расми 1. Низоми мониторинги объектҳои об

Дар амал татбиқ намудани низоми мониторинг дар бештари вақт аз мукаммалии усулҳои корҳои мушоҳидавӣ, аз ҷумла мониторинги фосилавӣ вобастагии калон дорад.

Низоми миллии мониторинги объектҳои об дар Ҷумҳурии Тоҷикистон ҳанӯз солҳои 90 – уми асри гузашта таъсис ёфта, айни замон якҷанд намудҳои мониторинги муҳити зистро фаро мегирад: мониторинги замин, обҳои рӯизаминӣ, обҳои

зеризаминӣ, ҳавои атмосфера, флора ва фауна, қабати озон ва ғ.

Дар соҳаи истифода ва ҳифзи захираҳои об, инчунин арзёбии самарабахшии чорабиниҳо оид ба ҳифзи объектҳои об, ба мониторинги давлатии объектҳои об – низоми мушоҳидаҳо, арзёбӣ ва пешгӯии тағйироти ҳолати объектҳои об нақши хеле муҳим ҷудо карда мешавад [5-6].

Ҳамзамон, барои мониторинги давлатии объектҳои об ҳолати шабакаи му-

шоҳидаи давлатӣ ҳалқунанда мебошад. Шабакаи мавҷудаи мушоҳидаҳои гидрологии Агентии обуҳавошиносии Кумитаи ҳифзи муҳити зисти назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон шумораи 96 дид-бонгоҳи гидрологиро дар бар мегирад. Коҳишҳои шабакаи мушоҳидаҳои гидрологӣ дар Тоҷикистон дар 30 соли охир 35 дарсадро ташкил додааст [7].

Вобаста ба ин, истифодаи технологияҳои муосири мониторинги объектҳои об, мукамалгардонии низоми мониторинг, таъсиси манбаи маълумотӣ ва коркарди мунназами он, инчунин таҳияи тавсияҳо ва пешгӯиҳо оид ба ҳолат, дурнамо ва идоракунии объектҳои муҳити зист бахусус дар шароити таъсири тағйирёбии иқлим яке аз масъалаҳои муҳиму саривақтӣ маҳсуб меёбад.

Объект ва усулҳои таҳқиқот. Дар мақолаи мазкур чиҳати таҳлили тағйирёбии сифати оби дарёи Варзоб вобаста аз шароитҳои иқлимӣ ва антропогенӣ аз маълумоти озмоишгоҳи назорати истехсолии оби нӯшокии КВД “Обу корези Душанбе” истифода карда шудааст.

Объектҳои мониторинги захираҳои об дар Ҷумҳурии Тоҷикистон дарёҳо, кӯлҳо ва обанборҳо ба ҳисоб мераванд. Зимни мониторинг одатан ҳолати низоми экологии об ва сифати обҳои рӯизаминӣ омӯзиш ва таҳқиқ карда мешаванд. Нишондиҳандаҳои гидрохимиявӣ гидробиологӣ, аз қабили: моддаҳои муаллақ, боқимондаҳои хушк, хлоридҳо, нитритҳо, нитратҳо, фосфатҳо, таркиби амоний, гидрокарбонатҳо, ниёзи биологии оксиген (НБО5) ва ғайраҳо мавриди таҳқиқ санҷиш қарор дода мешаванд.

Бояд зикр намоем, ки таи солҳои охир вобаста ба рушди инфрасохтори саноатӣ истифодабари захираҳои об барои талаботи истехсолӣ зиёд ва мутаносибан барои истифодаи хоҷагию маишӣ кам мегардад, ки он бештар ба насби таҷҳизоти баҳисобгирӣ, бахусус обҳисобкунакҳо дар фонди манзилии шаҳр рабт дорад.

Дар мақолаи мазкур кӯшиш ба харҷ дода шудааст, ки вобаста ба динамикаи тағйирёбии сифати оби дарёи Варзоб дар шароити таъсири тағйирёбии иқлим ва муайян намудани омилҳои ба он бештар таъсиркунанда, таҳқиқотҳои илмӣ гузаронида шавад.

Вобаста ба ин, ба сифати оби дарёи Варзоб дар бештари ҳолатҳо рафъи обҳои партов чӣ аз аҳолии атрофи ҳавзаи дарёи Варзоб ва чӣ партовҳои корхонаҳои истиғрочи канданиҳои фойданок, инчунин соҳаи чорводорӣ низ таъсири манфӣ мерасонанд. Ҳаҷми асосии обҳои партов дар соҳаи хоҷагии манзилию коммуналӣ ташаккул ёфта, дар аксарияти ҳолатҳо бе тозакунии пешакӣ ба дарё интиқол дода мешаванд.

Новобаста аз ин, таҳлилҳо нишон медиҳанд, ки таркиби оби дарёи Варзоб аз рӯи аксарият нишондиҳандаҳои гидрохимиявӣ ва гидробиологӣ аз талаботи ҳадди ҷои兹 гилзат (ХҶГ) баланд нест.

Дар асоси маълумоти ҷойдошта нишондиҳандаҳои миёнасолонии гидрохимиявӣ ва гидробиологии оби дарёи Варзоб барои солҳои 2018 – 2022 вобаста аз рӯзҳои гирифтани намунаҳо аз моҳи январ то декабри давоми солҳои интиҳобшуда дар ҷадвали 1 оварда мешавад.

**Ҷадвали 1.** Нишондиҳандаҳои миёнасолонии физикию гидрохимиявӣ ва гидробиологии оби дарёи Варзоб.

б.т.	Номгуи нишондиҳандаҳо	Воҳиди ченак	Нишондиҳандаҳои миёнасолонии					ҲҶГ
			2018	2019	2020	2021	2022	
1	Ҳарорат	0С	10,2	12	10,1	9,8	11	+
2	Моддаҳои муаллақ	мг/л	0,94	0,28	0,06	0,1	0,2	+
3	Боқимондаи хушк,	мг/л	-	-	-	0,1	0,24	+

4	Тиррагӣ	мг/л	10,4	11	9	13	15	-
5	Нишондиҳандаи гидрогенӣ, рН		7,94	7,9	7,9	7,7	7,9	+
6	Газҳои гулхонаӣ, (CO <sub>2</sub> )	мг/л	8,53	5,57	4,9	6,1	4,03	+
7	Оксигени ҳалшуда, (O <sub>2</sub> )	мг/л	8,39	10,5	10	10,7	10,2	+
8	Гидрокарбонатҳо, (HCO <sub>3</sub> )	мг/л	58,1	49,4	45	45,4	70,2	+
9	Сулфатҳо, (SO <sub>4</sub> )	мг/л	30,2	23,3	31	31	27	+
10	Хлоридҳо (Cl)	мг/л	17,8	13,4	8,8	10,1	7,47	+
11	Калсий, (Ca <sup>2+</sup> )	мг/л	22,9	32,5	35,6	33,3	15,5	+
12	Магний, (Mg <sup>2+</sup> )	мг/л	8,42	16,1	8,2	8,2	3,78	+
13	Минералнокӣ, (Σ)	мг/л	173,1	163,3	-	-	-	+
14	Н-умумӣ,	мг.экв/л	1,93	2,44	2,4	2,3	1,11	+
15	Н-умумӣ, (Нумумӣ)	мг/л	-	-	-	-	-	+
16	Нитритҳо, (NO <sub>2</sub> )	мг/л	0,004	0,002	-	-	0,023	+
17	НБО <sub>5</sub>	мг O <sub>2</sub> /л	2,59	1,26	0,82	1,5	1,37	+
18	Рангнокӣ	мг/Рt	29	30	21	44	42	-
19	Оҳан, (Fe)	мг/л	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	+
20	Алюминий (Al)	мг/л	0,021	0,02	0,004	0,01	0,02	+
21	Хром, (Cr <sup>6+</sup> )	мг/л	0,002	0,003	0,008	0,006	0,01	+

Чуноне, ки аз чадвали 1 бармеояд ҳамаи нишондиҳандаҳои гидрохимиявии оби дарёи Варзоб ба истиснои тиррагӣ (то 2,0 мг/л) ва рангнокӣ (то 20 градус) ба талаботи ХҚҒ ҷавобгӯ мебошанд.

Вобаста ба рушди инфрасохтор ва зиёд гардидани шумораи аҳоли дар атрофи ҳавзаи дарёи Варзоб болоравии ҳаҷми обҳои партов ва интиқоли дигар моддаҳои ифлос ба дарё назаррас арзёбӣ мегардад.

Барои арзёбии умумии сифати об аз рӯи таркиби моддаҳои химиявӣ индекси ифлосшавии об (ИИО) вобаста ба объекти оби зеро назорат қарор дошта, ҳисоб карда мешавад. Аз рӯи дараҷаи ифлосшавии об ба ҳафт гурӯҳи сифатнокӣ тақсим кардан мумкин аст: аз гурӯҳи I “хеле тоза” то гурӯҳи VII “тадриҷан ифлос” [8-9].

Сифати муайян намудани ИИО барои оби дарёи Варзоб аз рӯи маълумоти солҳои интиқобӣ истифода карда шуда, қимати он ҳисоб карда мешавад.

Нишондиҳандаҳои интегралӣ сифати об ИИО мебошад, ки барои муайян намудани гурӯҳи сифати об мусоидат мекунад. ИИО бо формулаи зерин ҳисоб карда мешавад:

$$\text{ИИО} = (\sum C_{fi} / \text{ХҚҒ}_i) / n = 11,68/1,5/21 = 0,37$$

ки дар ин ҷо:  $C_{fi}$  – арзиши миёнаи нишондиҳандаи муайяншуда барои давраи мушоҳида;  $\text{ХҚҒ}_i$  – ҳадди ҷоизи ғилзат барои моддаҳои ифлоскундаи додашуда;  $n$  – шумораи нишондиҳандаҳо, ки барои ҳисоб кардани ИИО истифода мешаванд.

Дар натиҷаи ҳисоб кардани ИИО дар мисоли нишондиҳандаи тиррагӣ барои ҳавзаи дарёи Варзоб вобаста аз солҳои интиқобӣ бузургии 0,37 ба даст оварда шудааст, ки обҳоро ба гурӯҳи дуҷуми сифат – “оби тоза” мансуб медонад. Таҳлили гидрохимиявӣ ва ҳисобкунии ИИО далели тоза будани оби табиӣ дарёи Варзобро тасдиқ мекунад. Оби дарё ба тамоми талаботҳои хоҷагидорӣ-нӯшокӣ, фарҳангӣ-маишӣ ва таъиноти хоҷагидо-

рии моҳипарварӣ ҷавобгӯ буда, дар навбати худ мониторинги пайваста, муҳофизати махсус ва истифодаи оқилонро талаб менамояд.

Бахусус дар шароити таъсири тағйирёбии иқлим, ивазшавии муҳлати давомнокии фаслҳои сол, тамоюли зиёдшавии боришот ва обшавии босуръати пирияхҳо ба динамикаи сифати дарёи Варзоб бевосита таъсир мерасонад.

**Хулосаҳо.** Ҳолати гидрохимиявии ҳавзаи дарёи Варзоб вобаста ба хусусияти баланди худтозакунии дарё ба категорияи оби нӯшокӣ ҷавобгӯ буда, ҷиҳати интиқол додани он ба аҳоли танҳо равандҳои такшонкунӣ дар шароити табиӣ ва то сатҳи талаботи оби нӯшокӣ паст кардани тиррагии он тариқи полоиш, инчунин безаргардонӣ бо маводи “гипохлориди натрий”-ро тақозо менамояд. Таҳлили маълумоти бисёрсолаи физикию химиявӣ ва бактериологии оби дарё аз он шаҳодат медиҳад, ки аксарияти нишондиҳандаҳо аз ҲҚҒ зиёд набуда, тағйирёбии сифати об бештар ба зиёд гардидани нишондиҳандаи тиррагӣ, бахусус дар мавсими боришот ба мушоҳида мерасад.

Дар умум, ҳолати экологии оби ҳавзаи дарёи Варзоб қаноатбахш буда, танҳо дар қисмати болооби мавзёҳои дарё пайвастагии нитроген, фосфор ва дигар моддаҳои ифлос аз ҲҚҒ каме зиёд мебошанд, ки онҳо ҳам дар раванди худтозакунии дарё ба ҳадди меъёр мерасанд.

Ҳамзамон, мушоҳида мегардад, ки бо дарназардошти таъсири тағйирёбии иқлим ифлосшавии сифати оби дарёи Варзоб таи солҳои охир характери мавсимӣ нашошта, балки аз суръати обшавии пирияхҳо низ вобастагӣ пайдо намудааст.

Вобаста ба ин, татбиқи роҳҳои нави беҳтар намудани пешгӯии тағйирёбии ва идоракунии сифати оби нӯшокӣ, инчунин дастрасӣ ба ҳолати беҳдошти ва зиёд

намудани таҳқиқотҳои илмӣ дар ин самт муҳим арзёбӣ карда мешавад.

Хулоса кардан мумкин аст, ки микдор ва сифати захираҳои оби ҳавзаи дарёи Варзоб барои таъмини рушди пойтахт ва нигоҳ доштани саломатии сокинони шаҳр, нақши муҳим мебозад.

#### Адабиётҳо

1. Голубихина Ю.Б., Синильникова О.В., Дмитриенко Т.А., Поддуб В.Н., Денисенко С.П. Мониторинг качества поверхностных трансграничных водных объектов бассейнов рек Днепр и Западная Двина по гидрохимическим и гидробиологическим показателям/Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. №4, 2003. – С.82-92.
2. Ибрагимова Л.Р., Гаммацаев К.Р., Дибирова М.М. Мониторинг качества питьевой воды/ Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. № 16, 2010. С.111-118.
3. Юрина В.С. Мониторинг и управление состоянием водных объектов/ Поволжский Государственный университет сервиса, Тольятти, Россия. – С.348-349.
4. Юрина В.С. Научно-методологические основы регионального эколого-экономического мониторинга// Вестник СамГУПС. 2015. Т. 1. № 2 (28). С. 117-124.
5. Фазлиддини Н., Аҳмадов П.М. ва диг. Оид ба масъалаи низоми мониторинги сифати оби нӯшокӣ дар мисоли шаҳри Душанбе//Маҷаллаи илмӣ “Захираҳои об, Энергетика ва Экология”, ИМО,ГЭВАЭ АМИ Тоҷикистон, Том 5 №1, 2025с., С.131-139.
6. Фазлиддини Н., Холназарова З.Д. ва диг. Хусусиятҳои тағйирёбии сифати об аз рӯи нишондиҳандаи тиррагӣ дар мисоли дарёи Варзоб// Маҷаллаи илмӣ “Захираҳои об, Энергетика ва Экология”, ИМО,ГЭВАЭ АМИ Тоҷикистон, Том 4 №3, 2025с., С.168-175.
7. Стратегияи миллии оби Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2040.
8. Гусева Т. В., Молчанова Я. П., Заика Е. А., Виниченко В. Н., Аверочкин Е. М./Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы. Под ред. Т. В. Гусевой. – М.: Социально-экологический Союз, 2000.–148 с.
9. Глотова, Н.В. Мониторинг среды обитания: Учебное пособие к практическим занятиям. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 22 с.

## МОНИТОРИНГ ДИНАМИКИ КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ ВАРЗОБ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕНЕНИЯ

Бобоев Т.Д.<sup>1</sup>, Фазлиддини Н.<sup>2</sup>, Муродов П.Х.<sup>1\*</sup>, Холназарова З.Д.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальная академия наук Таджикистана

<sup>2</sup>Таджикский технический университет им.акад. М.С.Осими

\*Автор корреспонденции: E-mail: murodov.8686@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены вопросы современного состояния системы мониторинга водных объектов и предложены новые подходы по совершенствованию мониторинга динамики качества воды на примере реки Варзоб. Установлено, что с учетом влияния климатического изменения за последние годы степень загрязнения качества воды реки Варзоб не имеет сезонного характера, а зависит от ускоренного таяния ледников. На основе расчетов индекса загрязненности воды на примере показателя мутности реки Варзоб в зависимости от выбранные годы полученно величина 0,37, что соответствует второму группе качества воды – “чистая воды”.

**Ключевые слова.** Мониторинг водных объектов, питьевая вода, качества воды, индекс загрязненности воды, предельно-допустимая концентрация.

## MONITORING THE OF WATER QUALITY DYNAMICS IN THE VARZOB RIVER UNDER CURRENT CLIMATE CHANGE CONDITIONS

Boboev T.D.<sup>1</sup>, Fazliddini N.<sup>2</sup>, Murodov P.H.<sup>1\*</sup>, Kholnazarova Z.D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan

<sup>2</sup>Tajik Technical University named after Acad. M.S. Osimi

\*Corresponding author: murodov.8686@mail.ru

**Abstract.** This article discusses the current state of the water monitoring system and proposes new approaches for improving water quality monitoring using the Varzob River as a case study. It has been established that, due to the impacts of climate change in recent years, the deterioration of water quality in the Varzob River no longer follows a seasonal pattern but is instead associated with accelerated glacier melt. Based on calculations of the Water Pollution Index using turbidity as an indicator for selected years, a value of 0.37 was obtained. This corresponds to the second water quality category "clean water."

**Keywords:** water monitoring, drinking water, water quality, water pollution index, maximum permissible concentration.

**Маълумот дар бораи муаллифон:** Бобоев ТоПир Давлатович – докторанти соли дуҷуми PhD-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон; Фазлиддини Неъматулло, унвонҷӯи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел.: (+992)988919200; Муродов Парвиз Худойдодович, номзади илмҳои техникӣ, муаллими калони Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С.Осимӣ. Тел.: (+992)905939346, E-mail: murodov.8686@mail.ru; Холназарова Зебунисо Диловаровна-Ходими калони лабораторияи Сифати об ва экологияи Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, Тел.: (+992)934748866, E-mail: knomvarb.0502@gmail.com

**Сведения об авторах:** Бобоев Тохир Давлатович – докторант 2 курса, PhD Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальная академия наук Таджикистана; Фазлиддини Неъматулло – соискатель Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальная академия наук Таджикистана, Тел.: (+992)988919200; 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; Холназарова Зебунисо Диловаровна — старший научный сотрудник лаборатории качества воды и экологии Института проблем воды, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, Тел.: (+992)934748866, E-mail: knomvarb.0502@gmail.com

**Information about authors:** Boboev Tohir Davlatovich – doctorant PhD of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan; Fazliddini Nematullo, graduate student of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone:(+992)988919200; 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; Zebuniso Dilovarovna Kholnazarova is a Senior Research Fellow at the Laboratory of Water Quality and Ecology, Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Phone: (+992)934748866 E-mail: knomvarb.0502@gmail.com.

УДК: 55.556

## ИЗОТОПНОЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РОДНИКА ПАНДЖЧАШМА

Хамидов С.К.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной Академии наук Таджикистана

\*Автор - корреспондент. E-mail: homid3610@gmail.com

**Аннотация.** Проведены изотопные и гидрохимические исследования родника Панджчашма Айнинского района Согдийской области. Пока-затели стабильных изотопов и физико-химических параметров воды ис-пользовались для оценки качества воды родника Панджчашма. Резуль-таты анализа подтверждают, что питание родника Панджчашма во-дой идёт за счёт ледниковых вод, что и подтверждается по тем-пера-турному режиму воды, который относится к холодноводному. Приве-дены результаты физико-хи-мического анализа родника Панджчашма.

**Ключевые слова:** стабильные изотопы, дейтерий, тяжёлая вода, лёгкая вода, родник Панджчашма, Искандаркул.

### Введение

Река Искандардарья вытекает из не-большого живописного гор-ного озера Искандаркул. Озеро имеет длину 3,26 км, наибольшую ши-рину 2,9 км, площадь 3,392 км<sup>2</sup> и объём 172 млн. м<sup>3</sup>, высота уровня озера 2260 м.

Питается озеро в основном водами рек Сарытаг, Хазормеш и родника Пан-джчашма. Первая из них больше, она бе-рёт начало из ледников Зеравшанского и Гиссарского хребтов. Хазормеш стекает с северных склонов Гиссарского хреб-та несколькими ручьями, вытекающими из небольших висячих ледников. Родник Панджчашма являет-ся источником водо-снабжения [1-2].

Методы и результаты. В рамках поле-вой экспедиции сотрудниками Институ-та водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ во время отбора проб, в

полевых условиях из 5 родников Пан-джчашма выполнялись экспресс-анализы с помощью портативных приборов: кон-дуктометра (Cond 3110) и рН метра (рН 3110), резуль-таты которых приведены в таблице 1. Также было отобрано для срав-нения 4 пробы воды для изотопного состава из реки Искандардарья, озера Ис-кандаркул, родника Панджчашма и реки Сарытаг (табл. 2) и 5 проб воды для физи-ко-химического анализа (табл. 3).

Удельная проводимость (Cond) вод напрямую зависит от концентрации рас-творённых в водах солей. Удельная элек-трическая про-водимость воды зависит от температуры, состава ионов и их концен-трации. Из результатов анализа удельной проводимости следует, что измеренная вода в роднике Панджчашма является очень пресной.

Таблица 1. Координаты точек отбора проб и результаты физико-химических анализов.

№	Место отбора проб	Удельная проводимость, в mS/см.	pH	t, в 0С
1.	родник Панджчашма-1	0,20	8,2	9,4
2.	родник Панджчашма-2	0,21	8,2	8,7
3.	родник Панджчашма-3	0,21	8,1	7,86
4.	родник Панджчашма-4	0,22	8,2	7,5
5.	родник Панджчашма-5	0,21	8,2	8,3

Воды родника Панджчашма оказались слабощелочными, pH в водах изменяются от 8,1 до 8,2, что является хорошим показателем.

**Температура** — важнейший фактор, влияющий на протекающие в воде физические, химические, биохимические и биологические процессы. От температуры воды в значительной степени мере зависят кислородный режим, интенсивность окислительно-восстановительных процессов, активность микрофлоры. Температура воды в родниках изменялась от 7,5°C (родник Панджчашма-4) до 9,4°C (родник Панджчашма-1). Изучаемые родники по температурному режиму воды относятся к холодноводным.

Как водород, так и кислород, являющиеся составными элементами воды, содержат главным образом лёгкие изотопы. При испарении воды из океана более тяжёлые изотопы конденсируются первыми и выпадают в виде дождя раньше, чем бо-

лее лёгкие изотопы. Основная масса водяных испарений в атмосфере образуется над океанами. Таким образом, чем дальше от побережья идёт дождь, тем меньше тяжёлых изотопов содержится в нём [3-5].

Поступающие данные позволяют гидрологам составлять карты источников подземных вод, а климатологам лучше знать историю климата и прогнозировать последствия будущих событий по мере его изменения. Применение изотопов даёт возможность получить информацию о длительных периодах погодных событий, происходивших на протяжении тысяч лет. Их характерные признаки сохраняются везде, где остаются следы гидрологического цикла - в океане и озёрных отложениях, годовых кольцах деревьев, ледниках и полярных льдах, пещерных отложениях и подземных водах.

Результаты полученных изотопных данных приведены в виде таблицы (табл. 2) и графика в рисунке 1.

Таблица 2. Результаты данных анализа стабильных изотопов.

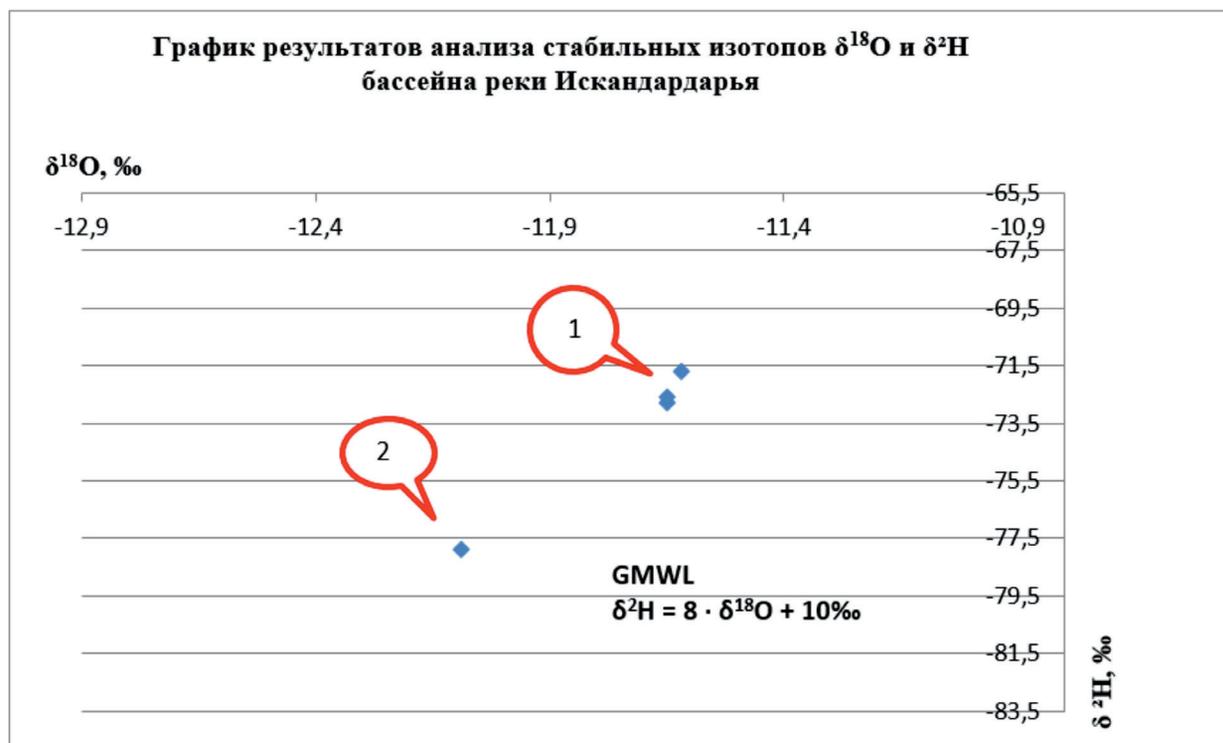
№	Место отбора проб	вид водоснабжения	Координаты		$\Delta 18O, \text{ в } \text{‰}$	$\Delta 2H, \text{ в } \text{‰}$
			С.Ш.	В.Д.		
1	Искандардаря	река	39004,929	068022,412	-11,65	-72,8
2	Искандаркул	озеро	39004,999	068022,125	-11,65	-72,6
3	Панджчашма	родник	39003,769	068021,138	-12,09	-77,9
4	Сарытаг	река	39003,382	068020,790	-11,62	-71,67

Определение стабильных изотопов  $\delta 18O$  и  $\delta 2H$  проводилось на лазерном изотопном анализаторе PICARRO L 2110-i в Институте водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. Анализатор позволяет измерять стабильные изотопы

воды ( $H_2O$ ) в твёрдых телах, жидкостях и парах. В качестве эталона используется стандарт средней океанической воды – V-SMOW (Vienna Standard of the Mean Ocean Water), для которого  $\delta 2H=0 \text{ ‰}$  и  $\delta 18O=0 \text{ ‰}$ .

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 тяжёлые изотопы, а облака обогащаются лёгкими изотопами [6-8].



**Рисунок 1.** График результатов анализа стабильных изотопов.

Как показывают результаты анализов, среди исследуемых проб точка 3 родника Панджчашма является самой лёгкой водой среди исследуемых проб. Также анализ содержания  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta^2\text{H}$  показал, что данные сформировали две группы вод (рис. 2). Большинство вод по содержанию стабильных изотопов подходят к первой группе (пробы 1, 2, 4), которые обогащены тяжёлыми изотопами за счёт испарения воды и только проба 3 из родника Панджчашма относится ко второй группе. Результаты анализа подтверждают, что питание родника Панджчашма водой идёт за счёт ледниковых вод.

Коэффициент математической корреляции для августа составляет 0,5. Это вы-

звано тем, что в летние месяцы добавляется ещё один процесс, а именно испарение с поверхности рек и озёр. В процессе испарения в первую очередь испаряется вода, содержащая лёгкие изотопы, оставшаяся вода обогащается тяжёлыми изотопами. Озеро расположено на высоте более 2000 метров и вносит существенный вклад в разброс по содержанию изотопов. Обогащение тяжёлыми изотопами в воде в озере Искандаркул и в реке Сарытаг происходит за счёт испарения воды в летнее время.

Также были отобраны пробы из пяти точек выхода воды из родника Панджчашма. Результаты физико-химических анализов воды приведены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты физико-химических анализов воды

№	Норма по ГОСТу 2874- 82. «Вода питьевая»	Прозрачность, в см	Мутность, в мг/ лм	Запах, в балл	Жесткость, в мг*экв./л	Кальций, в мг*экв./л	Магний, в мг*экв./л	Щелочность, в мг*экв./л	Хлориды, в мг/лм	Остаток хлора, в мг/л	Сульфаты, в мг/ лм	Сухой остаток	Нитраты, в мг/ лм	Нитриты, в мг/л	Аммиак, в мг/л	Сумма К и Na, в мг*экв./л	Общее железо, в мг/л	Мель, в мг/л
		Не менее 30	Не более 2,5	2 Балл	Не более 7,0					Не более 350	0,3- 0,5	Не более 500	Не более 1000	Не более 45				Не более 0,3
1	Панджчашма-1	30	0	0	2,75	1,2	1,55	2,0	3,0	-	28,5	150	6,63	-	-	0,67	0,033	0,022
2	Панджчашма-2	30	0	0	2,8	1,1	1,7	2,1	5,0	-	45,2	150	7,75	-	-	1,08	0,034	0,020
3	Панджчашма-3	30	0	0	2,45	1,3	1,15	2,0	5,0	-	26,8	140	7,38	-	-	0,69	0,025	0,015
4	Панджчашма-4	30	0	0	2,6	1,3	1,3	2,3	2,5	-	30,5	155	6,68	-	-	0,7	0,022	0,013
5	Панджчашма-5	30	0	0	3,0	1,75	1,25	2,5	4,5	-	37,6	180	9,0	-	-	0,9	0,037	0,021

я

Все исследованные воды по всем физико-химическим параметрам не превышают нормативы по ГОСТу 2874-82. «Вода питьевая» [10].

Показатели стабильных изотопов и физико-химических параметров воды использовались для оценки качества воды родника Панджчашма. Результаты анализа подтверждают, что питание родника Панджчашма водой идёт за счёт ледниковых вод, что и подтверждается по температурному режиму воды, которые относятся к холодно-водным. Результаты физико-химических анализов показали, что загрязнение воды ионами химических веществ не превышает по ГОСТу 2874-82. «Вода питьевая». 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 ре-

сурсов в этом регионе, необходимо развивать данное направление исследований.

#### Литература

1. Атлас Таджикской ССР. –М., 1968, стр.168-175
2. Каталог ледников СССР, Т. 14, Средняя Азия, Выпуск 3, Часть 5. –Л.: «Гидрометеиздат», 1980, стр. 110-114
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. Ферронский В. И., Поляков В. А. Изотопия гидросферы. М.: Наука, 1983, 280с.
8. Craig, H. Standard for Reporting Concentrations of Deuterium and Oxygen-18 in Natural Waters. // Science. 1961. V. 133. PP. 1833–1834.
9. 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.
10. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. Государственный стандарт СССР. –М, 1983, 10с.

## ТАДҶИҚОТҲОИ ИЗОТОПӢ ВА ГИДРОХИМИЯВӢ ЧАШМАИ ПАНЧЧАШМА

Ҳомидов С.К.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

\*Муаллифи масъул. E-mail: homid3610@gmail.com

**Шарҳи мухтасар.** Тадқиқоти изотопӣ ва гидрохимиявии чашмаи Панҷчашма дар ноҳияи Айнии вилояти Суғд гузаронида шуд. Барои арзёбии сифати оби чашмаи Панҷчашма аз изотопи устувор ва параметрҳои физикӣ-химиявии об истифода шуданд. Натиҷаҳои таҳлилҳо собит мекунад, ки чашмаи Панҷчашма аз обҳои тиряхӣ сер мешавад, ки инро речаи ҳарорати об, ки ба оби хунук дохил мешавад, тасдиқ мекунад. Натиҷаҳои таҳлили физикию химиявии чашмаи Панҷчашма оварда шудаанд.

**Калидвожаҳо:** изотопҳои устувор, дейтерий, оби вазнин, оби са-бук, чашмаи Панҷчашма, Искандаркул.

## ISOTOPIC AND HYDROCHEMICAL STUDY OF THE PAN-JCHASHMA SPRING

Khomidov S.K.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan*

\*Corresponding author. E-mail: homid3610@gmail.com

**Abstract.** *Isotopic and hydrochemical studies of the Panjchashma spring in the Ayni district of the Sughd region were conducted. The indicators of stable isotopes and physical and chemical parameters of water were used to assess the quality of water in the Panjchashma spring. The results of the analysis confirm that the Panjchashma spring is fed by glacial waters, which is confirmed by the temperature regime of the water, which is classified as cold water. The results of the physical and chemical analysis of the Panjchashma spring are presented.*

**Keywords:** *stable isotopes, deuterium, heavy water, light water, Pan-jchashma spring, Iskanderkul.*

**Маълумот оид ба муаллифони:** Ҳомидов Солеҳ Каримович – Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, шӯъбаи идоракунии захираҳои об ва обсарфанамой, ходими илмӣ, Тел: (+992) 907100128, E-mail: homid3610@gmail.com

**Сведения об авторах:** Хомидов Солеҳ Каримович – Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, отдел управления водными ресурсами и водопользования, научный сотрудник, Тел: (+992) 907100128, E-mail: homid3610@gmail.com

**Information about the author:** Khomidov Solekhjon Karimovich - Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology of the National Academy of Sciences of Tajikistan, researcher at the the Department of Water Resources Management and Water Use, Phone: +992 907100128, E-mail: homid3610@gmail.com

УДК 628.16:661.183.12

## ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КОНЦЕНТРАТА УРАНА ИЗ ВОДЫ ШТОЛЬНИ №6 УРАНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТАБОШАР

Ходжизода С.К.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>*Горно-металлургический институт Таджикистана*

\*Автор корреспонденции: saidmukbil@mail.ru

**Аннотация.** *Проведены изотопные и гидрохимические исследования родника Панджчаима Айнинского района Согдийской области. Пока-затели стабильных изотопов и физико-химических параметров воды использовались для оценки качества воды родника Панджчаима. Результаты анализа подтверждают, что питание родника Панджчаима во-дой идёт за счёт ледниковых вод, что и подтверждается по тем-пературному режиму воды, который относится к холодноводному. Приве-дены результаты физико-хи-мического анализа родника Панджчаима.*

**Ключевые слова:** *стабильные изотопы, дейтерий, тяжёлая вода, лёгкая вода, родник Панджчаима, Искандаркул.*

Вода штольни №6 уранового месторождения Табошар представляет собой сложную смесь разнообразных химических веществ, среди которых основное внимание уделяется радионуклидам, в первую очередь урановым соединениям. Эта вода образуется в результате водоотведения из подземных шахт и штолен, которые находятся в районе уранового

месторождения. В процессе циркуляции воды через геологические породы происходит её взаимодействие с минералами, что приводит к растворению различных веществ и образованию химических соединений. Состав воды может существенно варьироваться в зависимости от множества факторов, таких как сезонные изменения, геологические условия,

а также особенности минералогического состава пород, через которые проходит вода.

Основными компонентами воды штольни №6 являются уран и его изотопы. Эти вещества придают воде токсичность и радиоактивность, что делает её экологически опасной и требует применения специальных методов очистки и обработки. Вода может содержать уран в различных химических формах. Наиболее распространёнными из них являются растворённые урановые соединения, такие как урановые карбонаты, сульфаты и гидроксиды. Эти соединения являются продуктами взаимодействия урана с другими веществами, присутствующими в воде, и могут изменять свои характеристики в зависимости от pH воды и других факторов [1].

Кроме урана, в составе воды могут быть и другие химические элементы и соединения, включая металлы (железо, цинк, медь и другие), сульфаты, карбонаты и органические вещества. Наличие этих компонентов может влиять на химическую активность воды, а также на эффективность её очистки и на поведение урана в процессе извлечения из воды [1].

Одним из ключевых аспектов состава воды штольни №6 является её высокая радиоактивность, что связано с присутствием урановых соединений [2]. Это обуславливает необходимость постоянного мониторинга и разработки эффективных технологий для контроля уровня радиоактивности и очистки воды. Методы очистки воды от урана и других загрязняющих веществ включают сорбцию, ионный обмен, а также различные химические и физико-химические процессы, направленные на снижение содержания радиоактивных элементов в водных ресурсах [1-3].

Этот состав воды делает её сложным объектом для очистки и извлечения урана, что требует применения специализированных методов и технологий. Высокая

концентрация радионуклидов, включая урановые соединения, а также наличие различных металлов в воде штольни №6 делает процесс очистки многозадачным и многоэтапным. В связи с этим для эффективного извлечения урана и минимизации его воздействия на окружающую среду необходимо использовать комплексный подход, включающий несколько методов, каждый из которых направлен на решение определённой задачи.

Одним из наиболее распространённых методов является сорбция, процесс, при котором загрязняющие вещества (в данном случае, уран) адсорбируются на поверхности сорбента. В качестве сорбентов могут использоваться различные материалы, такие как активированные угли, природные и синтетические цеолиты, а также специально подготовленные полимеры и смолы. Эти материалы эффективно захватывают уран и его изотопы, что позволяет снизить их концентрацию в воде. Кроме того, сорбция может быть использована не только для извлечения урана, но и для удаления других токсичных элементов, таких как тяжёлые металлы.

Важно отметить, что извлечение урана и очистка воды от радионуклидов не только способствуют улучшению качества водных ресурсов, но и играют важную роль в защите экосистем и здоровья человека. Неправильное управление такими водными ресурсами может привести к серьёзному загрязнению окружающей среды и созданию долгосрочных экологических проблем. Поэтому применение передовых технологий очистки становится критически важным для минимизации негативного воздействия урана на природу и население в районах урановых месторождений.

С этой целью нами были проведены исследования состава воды по сезонам года. В ходе анализа были уточнены основные элементы, содержание которых многократно превышает предельно допу-

стимые концентрации (ПДК) для технической воды [1-5].

В процессе работы особое внимание было уделено изменению концентраций загрязняющих веществ в зависимости от времени года, что может значительно влиять на эффективность очистки и методы извлечения урана. Такие исследования позволили выявить ключевые элементы, которые в сезонные периоды достигают максимальных значений и требуют применения более интенсивных методов очистки.

Кроме того, было установлено, что уровень некоторых элементов, таких как радий, торий, а также другие растворённые металлы, значительно превышает нормы, установленные для технической воды.

На основе полученных данных было принято решение использовать сорбционный метод для очистки воды до уровня, соответствующего нормам технической воды, а также для извлечения ценного компонента, в частности урана из воды штольни №6 месторождения Табошар. Сорбция была выбрана как один из наиболее эффективных и перспективных методов, учитывая её способность извлекать загрязняющие вещества, включая радионуклиды, с высокой степенью избирательности и эффективностью.

В ходе исследований были подобраны оптимальные условия для сорбции урана, включая выбор наиболее эффективных сорбентов, времени контакта и других технологических параметров. Это позволило не только снизить концентрацию урана до предельно допустимых норм для технической воды, но и извлечь уран в концентрированной форме, что даёт возможность его дальнейшего использования или переработки в качестве ценного ресурса [4-7].

Таким образом, данный подход не только способствует решению проблемы очистки воды от радионуклидов, но и от-

крывает дополнительные возможности для экономически выгодного использования урана, а также способствует устойчивому экологическому управлению водными ресурсами в районах урановых месторождений [5].

На основе многочисленных экспериментальных данных можно сделать вывод, что из 9 использованных сорбентов для удаления радиоактивных и тяжёлых металлов из воды наибольшая величина СОЕ, ДОЕ, а также лучшие показатели кинетики процесса сорбции и десорбции металлов достигаются при использовании сорбента типа Lewatit DW 630 [5, 6]. Этот сорбент превосходит все другие, включая широко распространённый сорбент АВ-17-8, по множеству ключевых характеристик.

При динамических условиях сорбции, когда ДОЕ для сорбента АВ-17-8 составляет 26,75 мг/г, для Lewatit DW 630 этот показатель значительно выше и равен 51,95 мг/г. Это свидетельствует о гораздо более высокой эффективности Lewatit DW 630 в извлечении тяжёлых металлов и радиоактивных элементов из воды, что делает его более перспективным для использования в процессах очистки [7].

Особенно стоит отметить преимущества Lewatit DW 630 в процессе десорбции урана из насыщенных сорбентов с применением соляной кислоты. Этот сорбент показывает отличные результаты, что позволяет эффективно и быстро извлекать уран из воды. Такие характеристики делают его незаменимым для очистки воды, загрязнённой ураном, и предотвращают образование лишних загрязняющих веществ.

Для сравнения, при использовании метода коагуляции для очистки воды штольни №6 до уровня технической воды с аналогичными затратами возникает серьёзная проблема: образуется большое количество шламов, содержащих радий, торий и уран, приблизительно 2100 тонн

в год. Эти отходы требуют специальной утилизации, что создаёт дополнительную нагрузку на экологическую безопасность и экономическую эффективность процесса. Утилизация таких шламов требует значительных затрат и разработки безопасных технологий захоронения, что является серьёзной проблемой в долгосрочной перспективе.

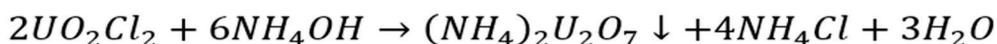
С учетом вышеперечисленных факторов в работе была разработана принципиальная технологическая схема для очистки воды от радиоактивных и тяжёлых металлов, которая представлена на рисунке 1. Эта схема учитывает все ключевые особенности, такие как выбор эффективных сорбентов, особенности кинетики сорбции и десорбции, а также необходимость минимизации образования токсичных отходов. Технологическая схема включает несколько последовательных стадий, каждая из которых направлена на достижение максимальной эффективно-

сти очистки и извлечения урана и других загрязняющих веществ.

На первой стадии очищаемая вода пропускается через слой Lewatit DW 630 со скоростью 0,8 мл/мин в направлении сверху вниз. Процесс сорбции урана контролируется до проскока концентрации урана, т.е. до насыщения сорбента и насыщенный сорбент отделяется от воды.

На второй стадии насыщенный сорбент подвергается десорбции с помощью 15%-ной соляной кислоты при Т:Ж=1:2 дважды в течение часа при комнатной температуре. Затем в три раз при Т:Ж=1:2 с дистиллированной водой перемешиваем в течение 1 часа.

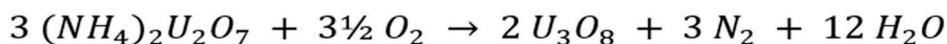
На третьей стадии сорбент отделяется и раствор направляется на осаждение. При этом для осаждения урана используется гидроксид аммония (25%) с целью корректировки рН до 8. В результате осаждается диуранат аммония. В общем виде реакция протекает по следующему уравнению:



На четвертой стадии желтый кек отделяется от маточного раствора.

На пятой стадии желтый кек прокаливается в печи при температуре 700-750°C в течение 1 часа. В итоге выполнения вышеперечисленных стадий из диураната

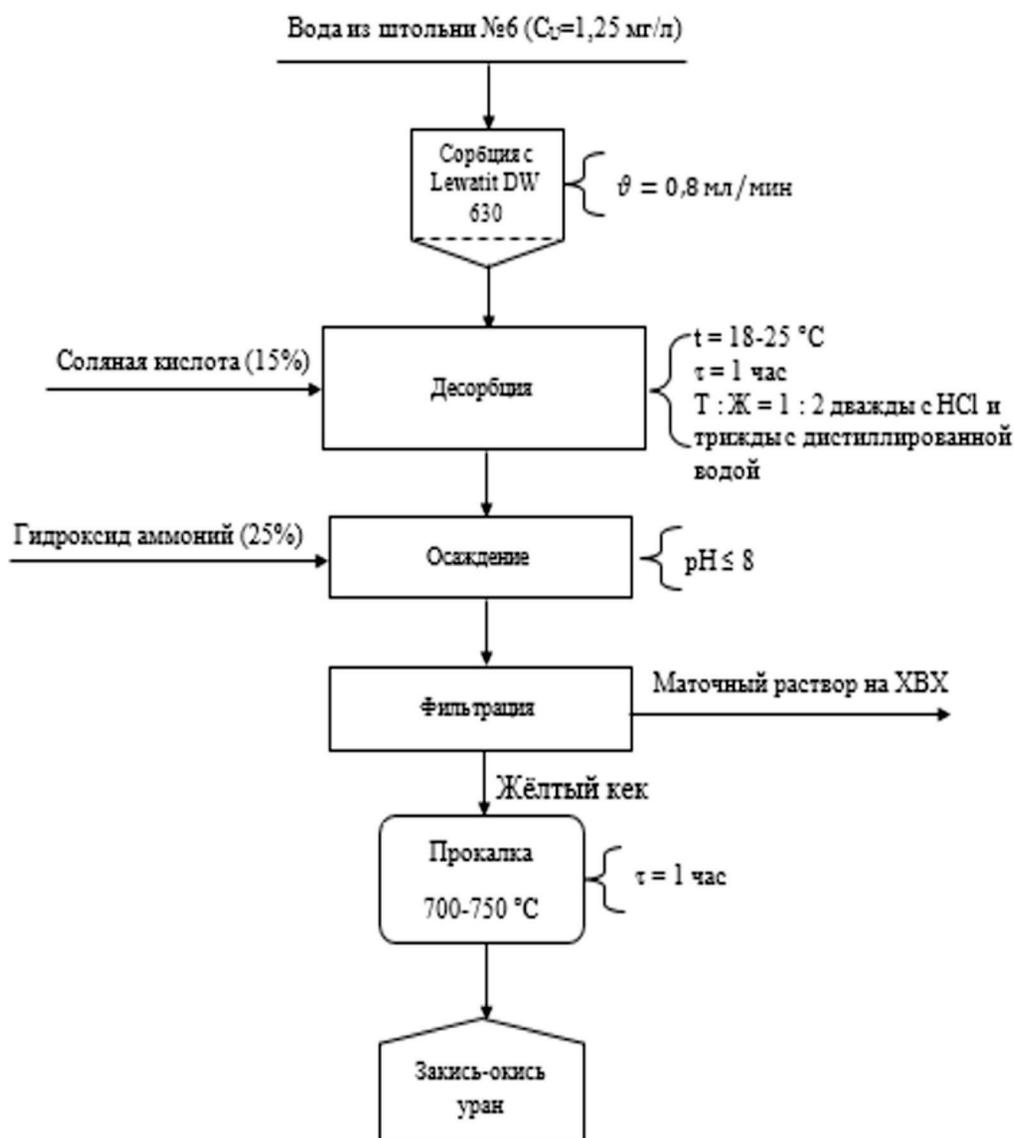
аммония получается закись-окись урана. Прокаливание диураната аммония при температурах 700-750°C протекает стадийно. Суммарный процесс при участии кислорода воздуха описывается уравнением:



На шестой стадии получается концентрат закиси-окиси урана, в составе которой присутствуют другие радиоактивные и тяжелые металлы. Присутствие их в концентрате урана свидетельствует об очистке воды штольни №6 от этих металлов.

Таким образом, предложенная технологическая схема представляет собой комплексный подход к очистке воды от ради-

оактивных и тяжёлых металлов, который включает все необходимые этапы для достижения высоких показателей очистки и извлечения урана. Применение современных сорбентов, таких как Lewatit DW 630, а также эффективных методов обработки и утилизации отходов, обеспечивает экологическую безопасность и экономическую эффективность этого процесса.



**Рисунок 1.** Принципиальная новая технологическая схема процесса очистки воды штольни №6 от радиоактивных и тяжелых металлов.

### Литература

1. Ходжиев, С.К. Химические и масс-спектрометрические методы определения состава штольной воды месторождения Табошар / С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2022. – №4 (16). – С.286-290.
2. Ходжиев, С.К. Спектрометрический метод определения радиоактивности штольных вод месторождения Табошар / С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. – Душанбе 2023. – №3 (19). – С.89-93.
3. Ходжиев, С.К. Определения радиоактивности штольных вод месторождения Табошар / Азизов Р.О., Ходжиев С.К., Ашуров Х.Ё., Муродов Ш.С. // Материалы II – традиционной международной научно-практической конференции. Бустон. 9 декабря 2023. №2 -С.79-81.
4. Ходжиев, С.К. Исследование уровней радиоактивного загрязнения воды на площадках уранового наследия / Юнусов М.М., Азизов Р.О., Хочиён М.К., Ходжиев С.К. // IV Международный Косыгинский Форум «Проблемы инженерных наук: формирование технологического суверенитета». Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы ключевых отраслей экономики страны» (20-22 февраля 2024 г.). Том 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2024. –С.34-37.

5. Мирсаидов, У.М. Особенности выделения урановых концентратов из руд и урансодержащих вод Таджикистана. Монография / У.М. Мирсаидов, Х.М. Назаров, С.К. Ходжиев, Н.Н. Рахматов // Под редакцией кандидата технических наук Н.У. Хакимовой. Издательство «Дониш». -Душанбе, 2019. -190с.
6. Ходжиев, С.К. Исследование процесса сорбции урана из штольной воды в статических условиях / С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. –Душанбе 2022. -№4 (16). –С.134-137.
7. Ходжиев, С.К. Исследование сорбции урана из воды в динамических условиях / С.К. Ходжиев // Вестник педагогический университет. –Душанбе 2022. -№4 (16). –С.189-192.

## ТЕХНОЛОГИЯИ ГИРИФТАНИ КОНЦЕНТРАТИ УРАН АЗ ОБИ НАҚБИ №6 КОНИ УРАНИ ТАБОШАР

Ҳочизода С.Қ.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Институту кӯҳию металлургии Тоҷикистон

\*Муаллифи масъул. E-mail: saidmukbil@mail.ru

**Шарҳи мухтасар.** Дар ин таҳқиқот тарҳи технологияи тозакунии оби нақби №6-и кони Табошар оварда шудааст. Дар навбати аввал таркиби об, қобилияти ионивазкунии статикӣ (ҚИС), қобилияти ионивазкунии динамикии (ҚИД) сорбентҳо, кинетикаи раванди сорбсия ва раванди десорбсияи уран таҳқиқ карда шуд. Натиҷаҳои муқоисавӣ барои сорбентҳо оварда шудаанд. Беҳтарин сорбенти барои сорбсияи уран муайян карда шудааст, ки он Lewatit-DW-630 мебошад.

**Калидвожаҳо:** об, кон, сорбент, сорбсия, металлҳо, коркарди тарҳи технологӣ.

## TECHNOLOGIES FOR OBTAINING URANIUM CONCENTRATE FROM THE WATER OF ADIT №6 OF THE TABOSHAR URANIUM DEPOSIT

Hojizoda S.Q.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Tajikistan Mining and Metallurgical Institute

\*Corresponding author. E-mail: saidmukbil@mail.ru

**Abstract.** This study presents the developed technological scheme of water purification in adit №6 of the Taboshar deposit. First of all, the water composition, static exchange capacity (SEC), dynamic exchange capacity (DEC) of sorbents, kinetics of the sorption process and the process of uranium desorption were studied. Comparative results for sorbents are given. The best sorbent for uranium sorption was determined to be Lewatit-DW-630.

**Key words:** water, deposits, sorbent, sorption, metals, development of process flow chart.

**Сведения об авторе:** Ходжизода Саидмуқбил Қосим, кандидат технических наук, заведующий кафедрой Естественнонаучных дисциплин Горно-металлургического института Таджикистана, тел.: 92-732-08-41, e-mail: saidmukbil@mail.ru

**Маълумот дар бораи муаллиф:** Ҳочизода Саидмуқбил Қосим, номзади илмҳои техникӣ, мудири кафедраи фанҳои табиӣ-илмӣи Донишкадаи кӯҳию металлургии Тоҷикистон, тел.: 92-732-08-41, e-mail: saidmukbil@mail.ru

**Author information:** Hojizoda Saidmuqbil Qosim, candidate of technical sciences, Head of Natural sciences chair of Mining-Metallurgical Institute of Tajikistan, tel.: 92-732-08-41, e-mail: saidmukbil@mail.ru.

## ҚОИДАҲО БАРОИ МУАЛЛИФОНИ

### Маҷаллаи илмӣ «Захираҳои об, энергетика ва экология»-и Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

Мақолаҳои илмӣ, ки барои нашр ба маҷалла пешниҳод мегарданд, бояд ба талаботи зерин ҷавобгӯ бошанд: а) мақолаи илмӣ бояд бо назардошти талаботи муқаррарнамудаи маҷалла омода гардида бошад; б) мақола бояд натиҷаи тадқиқоти илмӣ бошад; в) мавзӯи мақола бояд ба яке аз самтҳои илмӣ маҷалла мувофиқат намояд.

Мақолаҳое, ки дар матни онҳо маводи дигар муаллифони бе овардани иқтибос истифода шудаанд, ба баррасии марҳилаҳои навбати пешниҳод намегарданд ва ин гуна мақолаҳо дар маҷалла ба ҷоп роҳ дода намешаванд.

Талаботи нисбат ба таҳияи мақолаҳои илмӣ:

Матни мақола бояд дар формати Microsoft Word омода гардида, бо ҳуруфи Times New Roman барои матнҳои русӣ ва англисӣ ва бо ҳуруфи Times New Roman Tj барои матни тоҷикӣ таҳия гардида, дар матн ҳаҷми ҳарфҳо 14, ҳошияҳо 2,5 см ва фосилаи байни сатрҳо бояд 1,5 мм бошад.

Формулаҳо, аломатҳо ва нишонаҳои ҳарфҳои бузургҳо бояд дар муҳаррири формулаи Microsoft Equation ва ё Math Type (ҳуруфи 12) ҳуруфчинӣ карда шаванд. Танҳо он формулаҳое, ки ба он истинод оварда шудаанд, рақамгузорӣ карда мешаванд.

Нақшаҳо, схемаҳо, диаграммаҳо ва расмҳо бояд рақамгузорӣ карда шаванд ва инчунин, онҳо бояд номи шарҳдиҳанда дошта бошанд.

Ҳаҷми мақола бо формати А4 бо назардошти рӯйхати адабиёти истифодашуда ва аннотатсияҳо аз 10 то 15 саҳифаро бояд дар бар гирад.

Соҳтори мақола бояд бо тартиби зерин таҳия гардад:

1. Индекси УДК барои мақола;
2. Номи мақола (I - Моҳияти тадқиқотро кӯтоҳ ва дақиқ инъикос мекунад; II - Баъзан калимаҳои калидиро дар бар мегирад);
3. Насаб ва дар шакли ихтисор ном ва номи падар;
4. Номи муассисае, ки дар он муаллиф (он) қору фаъолият менамояд (янд), нишонии муассиса, шаҳр, кишвар;
5. Постаи электронии муаллифи масъул;
6. Шарҳи мухтасар (I - Хулосаи мухтасари мазмуни мақола (100–250 калима); II - Ҳадаф, усулҳо, натиҷаҳои асосӣ ва хулосаҳои нишон медиҳад; III - Бо услуби кӯтоҳ ва иттилоотӣ навишта мешавад);
7. Калидвожаҳо (I - 4–8 калима ё иборае, ки муҳтавои асосии мақоларо инъикос мекунад; II - Барои ҷустуҷӯ дар пойгоҳҳои додаҳои истифода мешаванд);
8. Муқаддима (I - Аҳамият ва зарурати мавзӯро асоснок мекунад; II - Масъалаи илмиро баён мекунад; III - Шарҳи адабиёт (таҳқиқоти қаблӣ); IV - Ҳадаф ва вазифаҳои тадқиқот; V - Гипотеза (агар бошад); V - Шарҳи кӯтоҳи усулҳои истифодашуда);
9. Мавод ва усулҳо (I - Тавсифи муфассали усулҳо, таҷҳизот ва равишҳои истифодашуда; II - Тадқиқоти таҷрибавӣ ё назариявиро шарҳ медиҳад; III - Бояд имкони такрор кардани тадқиқотро фароҳам оварад);
10. Натиҷаҳо (I - Пешниҳоди маълумоти бадастомада; II - Аксаран бо ҷадвалҳо, графикҳо ва расмҳо ҳамроҳӣ мешавад; III - Тавсифи мешавад, бе тафсири амиқ);
11. Мубоҳиса (I - Тафсири натиҷаҳо; II - Муқоиса бо таҳқиқоти дигар; III - Шарҳи эҳтимолии сабабҳои натиҷаҳо; IV - Маҳдудиятҳои тадқиқот);
12. Хулоса (I - Хулосаи кӯтоҳ аз натиҷаҳои асосӣ; II - Чӣ муайян ё исбот карда шуд; III - Пешниҳодҳои барои тадқиқоти оянда);
13. Миннатдорӣ (I – Ёдоварии номҳои ташкилотҳо, грантҳо ё шахсон, ки ёрӣ расонданд);
14. Адабиёт (I - на камтар аз 10 номгӯӣ ва на бештар аз 20 номгӯӣ адабиёти илмӣ; II - Ҳама манобеъе, ки муаллиф истинод кардааст; III - Мувофиқи стандарти муайян навишта мешавад (APA, MLA, ГОСТ ва ғ.);
15. Номи мақола, аннотатсия ва калидвожаҳо (агар мақола бо забони тоҷикӣ бошад, аннотатсия ва калидвожаҳо бо забонҳои русӣ ва англисӣ; агар мақола бо забони русӣ бошад, аннотатсия ва калидвожаҳо бо забонҳои тоҷикӣ ва англисӣ; агар мақола бо забони англисӣ бошад, аннотатсия ва калидвожаҳо бо забонҳои тоҷикӣ ва русӣ таҳия гарданд);

16. Дар охири мақола бо ду забон (русӣ ва англисӣ) маълумот дар бораи муаллиф (он) бо тартиби зерин нишон дода шавад: насаб, ном ва номи падар (пурра), дараҷаи илмӣ ва унвони илмӣ (агар бошанд), номи муассисае, ки дар он муаллиф қору фаъолият менамояд, вазифаи ишғолнамуда, телефон, e-mail.

Ҳангоми иқтибосоварӣ адабиёти истифодашуда ва саҳифаи мушаххаси он бояд дар қавси ҷаҳоркунча [] нишон дода шавад. Намуна: [7], яъне адабиёти №7.

Эътимоднокии маводҳо ба зиммаи муаллиф (муаллифони) гузошта мешавад.

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ**  
**Научного журнала «Водные ресурсы, энергетика и экология»**  
**Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии**  
**Национальной академии наук Таджикистана**

Научные статьи, представленные для публикации в журнале, должны соответствовать следующим требованиям: а) научная статья должна быть подготовлена в соответствии с требованиями, установленными журналом; б) статья должна быть результатом научных исследований; в) тема статьи должна соответствовать одному из научных направлений журнала.

Статьи, в тексте которых использованы материалы других авторов без цитирования, не будут переданы на дальнейшее рассмотрение и такие статьи не будут допущены к публикации в журнале.

Требования к оформлению научных статей:

Текст статьи должен быть подготовлен в формате Microsoft Word, шрифтом Times New Roman для русского и английского текста и Times New Roman Tj для таджикского текста, кегль 14, поля 2,5 см со всех сторон, интервал 1,5 мм.

Формулы, символы и буквенные обозначения величин должны быть набраны в редакторе формул Microsoft Equation или Math Type (шрифт 12). Нумеруются лишь те формулы, на которые имеются ссылки.

Таблицы, схемы, диаграммы и рисунки нужно сгруппировать и пронумеровать, а также, они должны иметь название.

Объем статьи (включая аннотацию и список литературы) должен быть в пределах от 10 до 15 страниц в формате А4.

Статья должна иметь следующую структуру:

1. Индекс УДК на статью;
2. Название статьи (I - Кратко и точно отражает суть исследования; II - Иногда включает ключевые термины);
3. Фамилия и инициалы автора;
4. Название организации, в которой работает автор (ы) статьи, почтовый адрес организации, город, страна;
5. Электронная почта автора-корреспондента;
6. Аннотация (I - Краткое резюме содержания статьи (100–250 слов); II - Указывается цель, методы, основные результаты и выводы; III - Пишется в сжатом и информативном стиле);
7. Ключевые слова (I - 4–8 слов или фраз, отражающих основное содержание статьи);
8. Введение (I - Обоснование актуальности темы; II - Постановка научной проблемы; III - Обзор литературы (предыдущие исследования); IV - Цель и задачи исследования; V - Гипотеза (если применимо); VI - Методы исследования (иногда кратко);
9. Материалы и методы (I - Подробное описание используемых методов, приборов, подходов; II - Описывается экспериментальный или теоретический подход; III - Обеспечивает возможность воспроизведения исследования другими учёными);
10. Результаты (I - Представление полученных данных; II - Часто сопровождаются таблицами, графиками, рисунками; III - Описание, но без глубокой интерпретации);
11. Обсуждение (I -Интерпретация результатов; II - Сравнение с другими исследованиями; III - Объяснение возможных причин полученных эффектов; IV - Ограничения исследования);
12. Выводы (I - Краткое подведение итогов; II - Что удалось установить, доказать; III -Возможные перспективы дальнейших исследований);
13. Благодарности (I - Упоминание организаций, грантов, лиц, оказавших помощь);
14. Литература (I - не менее 10 и не более 25 наименований научной литературы; II - Все источники, на которые ссылается автор; III - Оформляется по определённому стилю (APA, MLA, ГОСТ и др.);
15. Название статьи, аннотация и ключевые слова на трех языках: таджикском, русском и английском;
16. В конце статьи на трех языках (таджикском, русском и английском) сведения об авторе (ах) в следующем порядке: ФИО автора (ов) полностью, ученая степень и ученое звание (если имеются), название организации, в которой работает автор (ы), должность, телефон, e-mail.

При цитировании конкретного материала ссылки указываются в квадратных скобках [ ]. Образец: [7], т.е., литература.

За достоверность материалов ответственность несет автор (ы).

**RULES FOR THE AUTHORS**  
**of the Scientific Journal “Water Resources, Energy and Ecology”**  
**of the Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology**  
**of the National Academy of Sciences of Tajikistan**

Scientific articles submitted for publication in the journal must meet the following requirements: a) the scientific article must be prepared in accordance with the requirements established by the journal; b) the article must be the result of scientific research; c) the topic of the article must correspond to one of the scientific directions of the journal.

Articles in the text of which materials of other authors are used without citation will not be submitted for further consideration and such articles will not be allowed for publication in the journal.

Requirements for the design of the scientific articles:

The text of the article should be prepared in Microsoft Word format, in Times New Roman font for Russian and English text and Times New Roman Tj for Tajik text, size – 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 (I - Briefly and accurately reflects the essence of the research; II - Sometimes includes key terms);
3. Surname and initials of the author;
4. The name of the organization in which the author (s) of the article work, the postal address of the organization, the city, and the country;
5. Email of the author correspondent;
6. Abstract (I - A brief summary of the article's content (100–250 words); II - States the purpose, methods, main results, and conclusions; III - Written in a concise and informative style);
7. Keywords (I - 4–8 words or phrases that reflect the main content of the article; II - Help in indexing and searching in databases);
8. Introduction (I - Justifies the relevance of the topic; II - States the scientific problem; III - Literature review (previous research); IV - Research aim and objectives; V - Hypothesis (if applicable); VI - Brief mention of methods);
9. Materials and Methods (I - Detailed description of the methods, instruments, and approaches used; II - Describes experimental or theoretical approaches; III - Should provide enough detail for replication by other researchers);
10. Results (I - Presentation of the obtained data; II - Often accompanied by tables, graphs, or figures; III - Descriptive, without deep interpretation);
11. Discussion (I - Interpretation of the results; II - Comparison with other studies; III - Explanation of possible causes of observed effects; IV - Study limitations);
12. Conclusion (I - Summary of key findings; II - What was established or proven; III - Prospects for future research);
13. Acknowledgements (optional) (I - Mentions of organizations, grants, or individuals who provided assistance);
14. References (I - No less than 10 and no more than 25 titles of scientific literature; II - All sources cited by the author; III - Formatted according to a specific citation style (APA, MLA, Chicago, GOST, etc.);
15. Title of the article, abstract and keywords (if the article is in Tajik, the abstract and keywords are drawn up in Russian and English; if the article is in Russian, the abstract and keywords are made out in Tajik and English; if the article is in English, abstract and keywords are drawn up in Tajik and Russian);
16. At the end of the article, in two languages (Russian and English), information about the author (s) in the following order: full name of the author (s), academic degree and academic title (if any), name of the organization in which the author (s) works, position, phone, e-mail.

When citing specific material, links are indicated in square brackets []. Sample: [7], that is, the literature No.7.

The author (s) are responsible for the accuracy of the information.