ISSN 2181-2578

ЦЕНТРАЛЬНОАЗИАТСКИЙ ЖУРНАЛ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Международный научный журнал

CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THE GEOGRAPHICAL RESEARCHES

International scientific journal



Выпуск № / Volume No

1-2

2024

SJIF 2024 = 7,943 ISSN 2181-2578

ЦЕНТРАЛЬНОАЗИАТСКИЙ ЖУРНАЛ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Международный научный журнал

№ 1-2, 2024

---

* * *

CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THE GEOGRAPHICAL RESEARCHES

International scientific journal

No. 1-2, 2024

Чирчик
Chirchik

Центральноазиатский журнал географических исследований
№ 1-2, 2024

Основан в 2021 году. Выходит 4 раза в год
Учредитель: Чирчикский государственный педагогический университет

Международный редакционный совет

Арушанов М.Л., д.г.н, профессор (Ташкент, Узбекистан), **Бабаев А.Г.**, д.г.н., профессор, академик АН Туркменистана, член-корр. РАН (Ашхабад, Туркменистан), **Гнято Р.,** д.г.н., профессор (Баня-Лука, Республика Сербская, Босния и Герцеговина), **Дружинин А.Г.**, д.г.н., профессор (Ростов-на-Дону, Россия), **Ибрагимов А.**, д.г.н., профессор (Измир, Турция), **Исмаилов Ч.Н.**, д.г.н., профессор (Баку, Азербайджан), **Логинов В.Ф.,** д.г.н., профессор, академик НАН Беларуси (Минск, Беларусь), **Медеу А.Р.**, д.г.н., профессор, академик НАН Казахстана (Алматы, Казахстан), **Мухаббатов Х.М.**, д.г.н., профессор (Душанбе, Таджикистан), **Надыров Ш.М.,** д.г.н., профессор (Алматы, Казахстан), **Низамиев А.Г.**, д.г.н., профессор (Ош, Кыргызстан), **Салуквадзе И.**, д.г.н., профессор (Тбилиси, Грузия), **Стрыякевич Т.**, д.г.н., профессор (Познань, Польша), **Холматжанов Б.М.**, д.г.н. (DSc), доцент (Ташкент, Узбекистан), **Яротов А.Е.**, к.г.н., доцент (Минск, Беларусь)

Редакционная коллегия

Главный редактор – Ражабов Ф.Т., д.ф. (PhD) г.н., доцент (Чирчик, Узбекистан)
Зам. главного редактора – Федорко В.Н., д.ф. (PhD) г.н. (Ташкент, Узбекистан)

Аббасов С.Б., д.г.н., профессор (Самарканд, Узбекистан), **Акобиров Ш.З.,** к.э.н., доцент (Душанбе, Таджикистан), **Ахмадалиев Ю.И.**, д.г.н., профессор (Фергана, Узбекистан), **Богдасаров М.А.**, д.г.-м.н., профессор, член-корр. НАН Беларуси (Брест, Беларусь), **Деточенко Л.В.**, к.г.н., доцент (Волгоград, Россия), **Дылдаев М.М.,** д.г.н., профессор (Бишкек, Кыргызстан), **Зиядуллаев О.Э.**, д.х.н., профессор (Ташкент, Узбекистан), **Исаченко Г.А.**, к.г.н., доцент (Санкт-Петербург, Россия), **Курбанов Ш.Б.**, д.ф. (PhD) г.н., доцент (Ташкент, Узбекистан), **Лачининский С.С.,** к.г.н, доцент (Санкт-Петербург, Россия), **Мазбаев О.Б.,** д.г.н., профессор (Астана, Казахстан), **Махмудов М.М.,** д.ф. (PhD) г.н. (Ташкент, Узбекистан), **Муртазаев У.И.,** д.г.н., профессор (Душанбе, Таджикистан), **Мягков С.В.,** д.т.н., профессор (Ташкент, Узбекистан), **Назаров М.И.,** к.г.н., доцент (Ташкент, Узбекистан), **Нигматов А.Н.,** д.г.н., профессор (Ташкент, Узбекистан), **Низомов А.**, к.г.-м..н., доцент (Чирчик, Узбекистан), **Отеулиев М.О.,** д.ф. (PhD) г.н. (Нукус, Узбекистан), **Плохих Р.В.,** д.г.н., профессор (Алматы, Казахстан), **Попов В.А.,** к.г.н, с.н.с. (Ташкент, Узбекистан), **Пулатов Э.Я.,** д.с.-х.н., профессор (Душанбе, Таджикистан), **Реймов П.Р.,** д.г.н., доцент (Нукус, Узбекистан), **Турдиев Т.И.,** д.э.н., профессор (Ош, Кыргызстан), **Турдымамбетов И.Р.**, д.г.н., доцент (Нукус, Узбекистан), **Эгамбердиев Х.Т.**, д.г.н., доцент (Ташкент, Узбекистан), **Эргешов А.А.,** д.г.н., профессор (Бишкек, Кыргызстан), **Янчук С.Л.,** к.г.н., доцент (Ташкент, Узбекистан)

Научный журнал "Центральноазиатский журнал географических исследований" зарегистрирован в Агенстве информации и массовых коммуникаций при Администрации Президента Республики Узбекистан (свидетельство о государственной регистрации средства массовой информации № 1195 от 2.07.2021 г.).

"Центральноазиатский журнал географических исследований" включён в перечень научных изданий, рекомендованных Высшей Аттестационной комиссией при Кабинете Министров Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертационных исследований по направлению "11.00.00 – Географические науки".

Адрес редакции: 111700, Республика Узбекистан, Ташкентская область, город Чирчик, ул. А.Темура, д. 104.

Веб сайт: www.cageojournal.uz **E-mail:** ca_geojournal@mail.ru

ISSN 2181-2578 **© ЧГПУ, 2024**

Central Asian journal of the geographical researches
No 1-2, 2024

Founded in 2021. Published 4 times a year
Founder: Chirchik state pedagogical university

International editorial board

Arushanov M.L., DSc, professor (Tashkent, Uzbekistan), **Babaev A.G.,** DSc, professor, academician of the Academy of Sciences of Turkmenistan, corresponding member of RAS (Ashkhabad, Turkmenistan), **Gnyato R.,** DSc, professor (Banya-Luka, Republika Srpska, Bosnia and Herzegovina), **Druzhinin A.G.,** DSc, professor (Rostov-on-Don, Russia), **Ibragimov A.**, DSc, professor (Izmir, Turkey), **Ismailov Ch.N.**, DSc, professor (Baku, Azerbaijan), **Kholmatzhanov B.M.,** DSc, associate professor (Tashkent, Uzbekistan), **Loginov V.F.,** DSc, professor, academician of the Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus), **Medeu A.R.,** DSc, professor, academician of the National Academy of Sciences of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan), **Mukhabbatov Kh.M.,** DSc, professor (Dushanbe, Tajikistan), **Nadirov Sh.M.,** DSc, professor, (Almaty, Kazakhstan), **Nizamiev A.G.,** DSc, professor (Osh, Kyrgyzstan), **Salukvadze I.**, DSc, professor, (Tbilisi, Georgia), **Stryjakiewicz T.**, DSc, professor (Poznan, Poland), **Yarotov A.E.,** PhD, associate professor (Minsk, Belarus)

Editorial team

Editor-in-chief – Rajabov F.T., PhD, associate professor (Chirchik, Uzbekistan)
Deputy of editor-in-chief – Fedorko V.N., PhD (Tashkent, Uzbekistan)

Abbasov S.B., DSc, professor (Samarkand, Uzbekistan), **Akhmadaliev Yu.I.,** DSc, professor (Fergana, Uzbekistan), **Akobirov Sh.Z.,** PhD, associate professor (Dushanbe, Tadjikistan), **Bogdasarov M.A.**, DSc, professor, corresponding member of NAS of Belarus (Brest, Belarus), **Detochenko L.V.**, PhD, associate professor (Volgograd, Russia), **Dyldaev M.M.**, DSc, professor (Bishkek, Kyrgyzstan), **Egamberdiev Kh.T.**, DSc, associate professor (Tashkent, Uzbekistan), **Ergeshov A.A.,** DSc, professor (Osh, Kyrgyzstan), **Isachenko G.A.**, PhD, associate professor (Sankt-Peterburg, Russia), **Kurbanov Sh.B.,** PhD, associate professor (Tashkent, Uzbekistan), **Lachininskiy S.S.,** PhD, associate professor (Sankt-Peterburg, Russia), **Makhmudov M.M.,** PhD (Tashkent, Uzbekistan), **Mazbaev O.B.,** DSc, professor (Astana, Kazakhstan), **Murtazaev U.I.,** DSc, professor (Dushanbe, Tadjikistan), **Myagkov S.V.,** DSc, professor (Tashkent, Uzbekistan), **Nazarov M.I.,** PhD, associate professor (Tashkent, Uzbekistan), **Nigmatov A.N.,** DSc, professor (Tashkent, Uzbekistan), **Nizomov A.**, PhD, associate professor (Chirchik, Uzbekistan), **Oteuliev M.O.,** PhD (Nukus, Uzbekistan), **Plokhikh R.V.,** DSc, professor (Almaty, Kazakhstan), **Popov V.A.,** PhD, senior researcher (Tashkent, Uzbekistan), **Pulatov E.Ya.,** DSc, professor (Dushanbe, Tadjikistan), **Reymov P.R.,** DSc, associate professor (Nukus, Uzbekistan), **Turdiev T.I.,** DSc, professor (Osh, Kyrgyzstan), **Turdymambetov I.R.,** DSc, associate professor (Nukus, Uzbekistan), **Yanchuk S.L.,** PhD, associate professor (Tashkent, Uzbekistan), **Ziyadullaev O.E.,** DSc, professor (Tashkent, Uzbekistan).

The scientific journal "Central Asian Journal of Geographical Research" is registered with the Agency for Information and Mass Communications under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan (certificate of state registration of mass media No. 1195 dated 2.07.2021).

"Central Asian Journal of Geographical Research" is included in the list of scientific publications recommended by the Higher attestation commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan for the publication of the main scientific results of dissertation research in the direction "11.00.00 - Geographical sciences".

Editorial office address: 111700, Republic of Uzbekistan, Tashkent region, Chirchik city, st. A.Temur, 104.

Web site: www.cageojournal.uz **E-mail:** ca_geojournal@mail.ru

ISSN 2181-2578 **© ChSPU, 2024**

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЯ

PHYSICAL GEOGRAPHY AND GEOECOLOGY

УДК 911.53 (476) https://doi.org/10.5281/zenodo.12509234

Яротов А.Е., Гагина Н.В., Макар К.А.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

ВОДЯНЫЕ МЕЛЬНИЦЫ КАК ЭЛЕМЕНТ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ В ЛАНДШАФТАХ БЕЛАРУСИ

Аннотация. *В рамках данного исследования рассмотрены особенности размещения водяных мельниц, полностью или частично сохранившихся в границах природных ландшафтов Беларуси. Водяные мельницы рассматриваются как реликтовый водохозяйственный элемент. Изучение особенностей их локализации в границах современных ландшафтов является важной задачей, связанной с инвентаризацией, оценкой, сохранением и устойчивым управлением историко-культурным наследием. В исследовании применялись следующие методы: сравнительно-географический, картографический, методы сопряженного анализа. В результате исследований была разработана методика ландшафтного анализа размещения водяных мельниц, осуществлен сбор информации и создана база данных местоположения водяных мельниц. Создана цифровая карта местоположения мельниц в границах природных ландшафтов. Выявлены закономерности пространственного размещения водяных мельниц в различных ландшафтных условиях. Выявлена четкая взаимосвязь между размещением мельниц и благоприятностью ландшафтных условий к их функционированию как гидротехнических систем.*

Ключевые слова*: водяные мельницы, культурное наследие, природный ландшафт, речной бассейн, природный территориальный комплекс.*

Yarotau A.E., Hahina N.V., Makar K.A.

Belarusian State University, Minsk, Belarus

WATER MILLS AS AN ELEMENT OF HISTORICAL AND CULTURAL HERITAGE IN THE LANDSCAPE OF BELARUS

Abstract. *Within the framework of this study, the features of the placement of water mills, preserved or partially preserved, within the boundaries of the natural landscapes of Belarus are considered. Water mills are considered as a preserved relict water management element, therefore the study of the spatial features of their localization within the boundaries of modern landscapes is an important task related to the inventory, assessment, preservation and sustainable management of historical and cultural heritage. The following methods were used in the study: comparative geographic, cartographic, and conjugate analysis methods. As a result of the research, a methodology for landscape analysis of the placement of water mills was developed, information was collected and a database of the location of water mills was created. A digital map of the location of mills within the boundaries of natural landscapes has been created. The patterns of spatial placement of water mills in various landscape conditions have been identified, the relationship between the placement of mills and the favorableness of landscape conditions for their functioning as hydraulic systems is clearly visible.*

Key words: *water mills, cultural heritage, natural landscape, river basin, natural territorial complex.*

Введение и постановка проблемы. История человечества столетиями неразрывно связана с освоением водных ресурсов. На территории современной Беларуси

использование энергии речных потоков началось ещё в глубокой древности. В ранних памятниках письменности встречаются слова «мельник», «мельница», «млынар – мельник на белорусском языке», «млын – мельница на белорусском языке». Активное строительства водяных мельниц приходится на XI-XVI века. Такие сооружения строили сначала для переработки продуктов сельского хозяйства, прежде всего для мукомольных целей и помола круп. Но уже в XVII в. водяной двигатель в Великом Княжестве Литовском выходит за пределы узкого круга функций, ограниченных переработкой сельскохозяйственной продукции, и выполняет порядка двадцати производственных функций. В XVIII – начале XX веков практически весь урожай зерновых культур на территории Беларуси перерабатывается в муку на водяных мельницах, которые были распространены повсеместно благодаря благоприятности ландшафтных условий центральной части Восточно-Европейской равнины [18].

Водяные мельниц, преимущественно, трех типов: колесные мельницы с передачей, турбинные мельницы и наплывные мельницы на крупных реках. По данным [1], одна мельница строилась на 15-20 сельских домов. Например, в 1840 году в Минской губернии числилось 795 водяных мельниц, в 1860 году в Гродненской губернии – 592 мельницы.

С течением времени эволюционное развитие хозяйственной деятельности привело к тому, что использование энергии воды было вытеснено сначала силой ветра (ветряные мельницы), затем, в период революции машин XVIII века, силой пара (паровые мельницы), и далее, наиболее успешно, силой электричества. В конце XIX века использование водяных мельниц приходит к упадку. В настоящее время на территории Беларуси остались единицы действующих водяных мельниц, которые являются музейными экспонатами, демонстрирующими прошлые хозяйственные уклады.

Таким образом, на современном этапе общественного развития, водяные мельницы утратили свои изначальные производственные функции с заменой их на современные информационно-просветительские и рекреационные. Водяные мельницы рассматриваются как сохранившийся реликтовый водохозяйственный элемент, поэтому изучение пространственных особенностей их локализации в границах современных ландшафтов является важной задачей, связанной с инвентаризацией, оценкой, сохранением и устойчивым управлением историко-культурным наследием.

Изученность проблемы. Изучение водяных мельниц как объектов историко-культурного наследия относится к междисциплинарной проблематике и рассматривается в рамках ряда смежных с географическими исследованиями научных направлений: как памятников зодчества в работах И.В. Маковецкого, М.И. Мильчика, В.П. Орфинского, А.П. Раппопорта, Ю.С. Ушакова, А.В. Ополовникова, Л.Е. Красноречьева, Л.А. Филипповой, З.А. Тимошенковой, Т.А. Лисенко, Р.М. Габе, Л.М. Сабуровой, Н.А. Пономарева; как технических сооружений в работах А. Каофенгофера, В. Левшина, П. Афанасьева, Л.Х. Штурма, А. Милютина, О.И. Мюллера, В.В. Писарева, И. Шишкина [3].

В географических исследованиях водяные мельницы изучаются в рамках ландшафтных исследований как элемент природно-антропогенного и культурного ландшафта.

Природные территориальные комплексы выступают базисом хозяйственных отношений, результатом развития которых является трансформация природных ландшафтов в природно-антропогенные комплексы, которые в ряде исследований рассматриваются с позиций культурных ландшафтов.

Культурный ландшафт, по мнению А.Г. Исаченко, должен представлять собой улучшенную модификацию ландшафта естественного, и ему должны быть присущи два основных качества: высокая производительность и экономическая эффективность, с одной стороны, и оптимальная экологическая среда для жизни людей, с другой [4]. Схожие идеи высказывал и В.Б. Сочава, сформулировав принцип сотворчества человека

с природой, под которым понимал осуществляемую человеком систему мероприятий, направленную на развитие потенциальных сил природы, увеличение продуктивности геосистем, использования энергетических возможностей [16].

В работах Ю.А. Веденина, М.Е. Кулешовой [7], В.Н. Калуцкого [5], культурные ландшафты представляются как природно-культурные территориальные комплексы, сформировавшиеся в результате эволюционного взаимодействия человека и природы. Водяные мельницы, строительство которых тщательно «вписывалось» в природные условия и конструктивные особенности которых менялись с развитием технологий, являются ярким примером, иллюстрирующим формирование культурных ландшафтов страны.

Многообразие аспектов взаимодействия и взаимообусловленности природно-экологической, социально-экономической, историко-культурной составляющей в культурном ландшафте подчеркивалось в работах В.А. Николаева [13], В.А. Низовцева [12], Е.Ю. Колбовского, Д.Н. Замятина [6, 2]. Эта проблематика также тесно связана с вопросами разработки теории и практики применения ландшафтного планирования в устойчивом развитии территорий [8, 17].

Водяные мельницы, многие столетия используемые человеком, являются сложными, высокопроизводительными и экологически безопасными гидротехническими сооружениями, образующими локального уровня природно-хозяйственную систему, отражают исторически сложившийся хозяйственный уклад разных этапов общественного развития и являются элементом культурного ландшафта, как современного, так и сохранившихся ландшафтно-исторических комплексов.

Цель и задачи работы. Основной целью исследований стало выявление закономерностей пространственного размещения водяных мельниц в различных ландшафтных условиях Беларуси и определение значения ландшафтного фактора в пространственной дифференциации изучаемых объектов.

Задачи работы включали разработку методики ландшафтного анализа местоположения водяных мельниц на территории Беларуси; сбор информации и создание электронной базы данных о водяных мельницах; создание цифровой карты размещения водяных мельниц в границах природных ландшафтов; ландшафтный анализ местоположения водяных мельниц и выявление пространственных особенностей их размещения в различных ландшафтных условиях.

Материалы и методы. В исследованиях применялись традиционные географические методы: сравнительно-географический, сопряженного анализа, ландшафтного анализа, картографический, геоинформационных технологий.

В рамках подготовительного этапа исследования прорабатывались опубликованные литературные источники – научные, энциклопедические издания, картографический материал, краеведческая литература.

Инвентаризационный этап включал изучение местоположения и описание водяных мельниц. Материалами послужила собранная авторами информация о водяных мельницах на территории Республики Беларусь, представленная в форме разработанного паспорта каждого объекта, в котором приводились сведения о названии населенного пункта и водного объекта, на котором построена мельница, историческая справка о владельцах, времени и истории создания и функционирования объекта, степени сохранности, фотография современного состояния. Созданная в Microsoft Excel база данных включала местоположение мельниц в границах ландшафтов, речных бассейнов, административно-территориальных единиц страны. Всего было выявлено полностью или частично сохранившихся 156 водяных мельниц.

Для анализа ландшафтных условий была использована растровая ландшафтная карта Беларуси в масштабе 1:500 000, созданная в 2014 г. для учреждений высшего образования Г.И. Марцинкевич, И.И. Счастной, И.П. Усовой [14]. На карте отражено размещение: подтипов ландшафтов – 2, родов – 22, видов – 107.

Аналитический этап включал сопряженный анализ размещения водяных мельниц, как объекта исследования, в границах ландшафтов. С помощью пакета ArcGIS – ArcMap 10.7 и ArcCatalog 10.7 создана цифровая карта местоположения водяных мельниц в границах природных ландшафтов, выявлены пространственные особенности их распространения в пределах ландшафтных подтипов, родов и видов.

Результаты и их обсуждение. Современная классификация ландшафтов Беларуси разработана группой ученых под руководством Г.И. Марцинкевич, Н.К. Клицуновой в 70-х годах XX века [9].

Территория Беларуси расположена в пределах Восточно-Европейской платформы, отличается равнинным рельефом и четко выраженными широтными зонами, все ландшафты отнесены к одному классу – равнинных. Положение Беларуси в границах одной ландшафтной зоны с умеренно-континентальным климатом, западным переносом воздушных масс, господством лесной растительности предопределило отнесение ее ландшафтов к одному типу – умеренно-континентальных лесных Климатические и биотические различия между северными и южными регионами страны позволили выделить два подтипа природных ландшафтов – бореальных смешанно-лесных подтаежных и суббореальных широколиственно лесных (полесских) [10].

Возвышенные ландшафты располагаются на высотах 200-346 м, в пределах бореального смешанно-лесного подтаежного подтипа распространены 4 рода, каждый из которых объединяет 5-10 видов, в границах полесских ландшафтов возвышенные ландшафты распространены ограничено и представлены только одним родом и видом.

Средневысотные ландшафты приурочены к абсолютным высотам 150 – 200 м, они занимают почти половину территории страны и могут рассматриваться как наиболее типичными для зоны смешанных лесов. В пределах бореального смешанно-лесного подтаежного подтипа распространены 4 рода ландшафтов, в границах полесского подтипа – 3 рода.

Низменные ландшафты имеет абсолютные отметки 100-150 м, но несмотря на относительно плоский характер рельефа, они отличаются значительным разнообразием. В подтаежном подтипе выделены 6 родов низменных ландшафтов, в полесском – 4 рода.

В размещении родов и видов ландшафтов проявляются определенные закономерности. Многие роды сменяют друг друга в широтном направлении: с севера на юг происходит замещение озерно-ледниковых, моренно-озерных, холмисто-моренно-озерных ландшафтов на вторично-моренные, холмисто-моренно-эрозионные и, южнее, на озерно-аллювиальные и аллювиальные террасированные. Данное обстоятельство связано с распространением генетических типов рельефа в области ледниковых аккумуляций [10].

Вид ландшафта представляет собой зонально-азональное образование. Черты зональности проявляются через структуру типичного для ландшафтной зоны растительного покрова, черты азональности – через характер мезоформ рельефа. В пространственном распространении видов ландшафтов обнаруживаются те же закономерности, которым подчиняются и роды ландшафтов. На севере Беларуси господствуют мелко- и среднехолмистые виды в совокупности с волнистыми, в центре – волнистые, на юге – плосковолнистые, волнистые и плоские [11].

При анализе ландшафтных условий были учтены особенности среднемасштабного картографирования речной сети. Согласно Водному кодексу Республики Беларусь [19], поверхностные водные объекты подразделяются на водотоки, водоемы и родники. В свою очередь водотоки подразделяются на реки, ручьи, каналы.

К категории «большие» относятся реки, протяженностью свыше 500 километров (Березина, Горынь, Днепр, Западная Двина, Западный Буг, Неман, Припять, Сож), «средние» – от 200 до 500 километров (Беседь, Вилия, Друть, Западная Березина, Ипуть, Остер, Птичь, Свислочь, Уборть, Щара, Ясельда), «малые» – протяженностью от 5 до 200 километров. Малые реки имеют небольшую по ширине речную долину, которая не

может быть отражена в масштабе 1: 500 000, поэтому на карте показан только сам водоток, а местоположение мельницы рассматривалось в границах вмещающего ландшафта. Мельницы, расположенные в долинах средних и крупных рек, учитывались в границах ландшафтов речных долин или пойменных ландшафтах (рис. 1).



Рис. 1. Местоположение мельниц в границах природных ландшафтов Беларуси

В размещении водяных мельниц наблюдаются определенная взаимосвязь со спецификой ландшафтных условий. В первую очередь, обращает на себя внимание крайне неравномерное распределение этого типа мельниц в ландшафтных подзонах: 155 объектов или 99,36 %, расположено в границах бореальных подтаежных ландшафтов, на долю которых приходится около 80 % территории страны, в границах суббореальных полесских ландшафтов зафиксировано местоположение только 1 объекта. Отсутствие мельниц в границах полесских ландшафтов может быть объяснено сочетанием ряда неблагоприятных факторов: преобладанием в регионе низменных ландшафтов с плоским рельефом и значительной заболоченностью земель, ограниченной сельскохозяйственной освоенностью до проведения широкомасштабной мелиорации Полесья в середине XX века, речными долинами с широкой, плоской, заболоченной поймой с небольшими уклонами рек и продолжительными половодьями, затрудняющими строительство данных гидротехнических сооружений, более широком распространением мельниц ветряного типа. Как одна из причин может быть рассмотрена и недостаточность сохранившихся сведений о наличии водяных мельниц в регионе.

В границах бореального смешанно-лесного подтаежного подтипа ландшафтов наблюдается взаимосвязь ландшафтных условий с местоположениями водяных мельниц. В ландшафтах, по своим геоморфологическим особенностям схожих с полесскими, также фиксируется отсутствие сохранившихся или частично разрушенных объектов. К таким природно-территориальным комплексам относится большинство низменных ландшафтов: аллювиальные террасированные, озерно-аллювиальные, озерно-болотные, пойменные. Исключение составляют только возвышенные лессовые ландшафты, где также отсутствуют сведения о наличии водяных мельниц.

В целом на территории Беларуси прослеживается взаимосвязь между высотно-ландшафтными ступенями и распространением водяных мельниц, что отражено на рисунке 2.

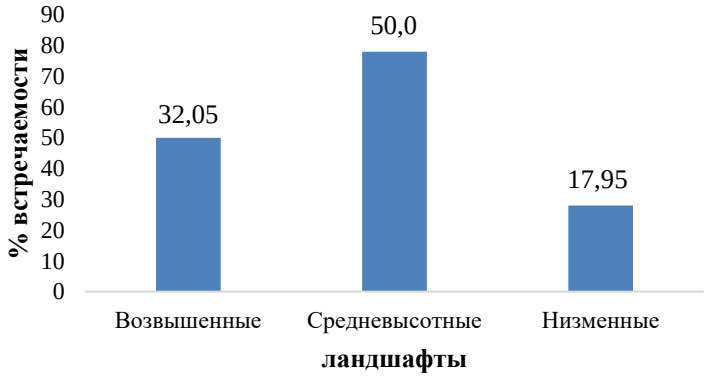


Рис. 2. Распределение водяных мельниц в границах ландшафтно-высотных ступеней

Среди низменных ландшафтов бореального подтаежного подтипа преобладающее количество мельниц (23 объекта из 27) расположено в границах ландшафтов речных долин. Эти ландшафты характеризуются слабо выработанными долинами рек с неширокой поймой, фрагментами надпойменных террас. Различия в размещении объектов наблюдаются на уровне видов ландшафтов. Большинство водяных мельниц расположено в пределах речных долин с плоской поймой шириной от одного до нескольких километров и локальными террасами – 20 объектов, в речных долинах со слабовыраженной поймой (шириной менее 1 км) и локальными террасами – 3 объекта (рис. 3).

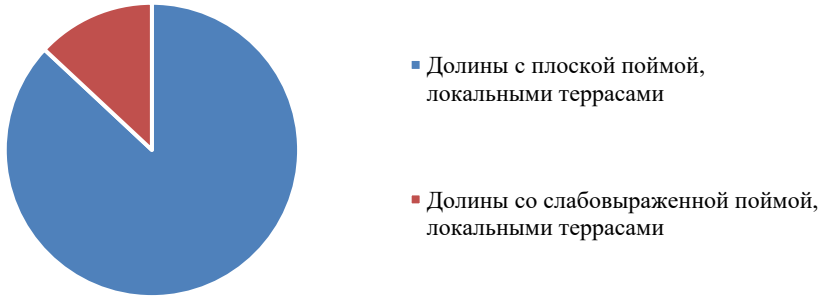


Рис. 3. Распределение водяных мельниц в границах ландшафтов речных долин

Ландшафт речных долин со слабовыраженной поймой и локальными террасами представлен 16-ю индивидуальными ландшафтными выделами участков рек: Волма, Гавья, Дитва, Дриса, Жижма, Западная Двина, Клева Лебеда, Ольса, Сха, Свислочь (среднее и нижнее течение), Улла, Усвяча, Уша (бассейн Березины), Цна, Щара (в нижнем течении). В пределах этого вида наблюдается локализация объектов: сохранились мельница в агрогородке Дворище и частично мельница в деревне Германишки на реке Жижма (бассейн Гавьи) и мельница в деревне Галимщина на р. Гавья (приток Немана). Сведения о сохранившихся или частично разрушенных мельницах на прочих водотоках этого вида ландшафтов отсутствуют.

Ландшафты речных долин с плоской поймой, локальными террасами представлены 28 индивидуальными выделами участков рек: Бася, Березина, Бобр, Вилия, Гайна, Двиноса, Днепр (верхняя часть), Друть, Зап. Березина, Зельвянка, Илия, Ислочь, Нарочанка, Неман, Оресса, Оршаница (нижнее течение), Остер, Ошмянка, Плиса, Поня, Проня (верхняя часть), Птичь, Россь, Сервечь (бассейн Немана), Сож (верхняя часть), Уса, Уша (бассейн Немана), Щара (верхнее и среднее течение). Среди них водяные мельницы встречаются на 11 реках. Выявлена локализация ряда объектов: 3-2 мельницы расположены на реках Вилия, Птичь, Россь, Неман, Уша, Зельвянка.

Например, на р. Россь сохранились водяные мельницы в городском посёлке Россь, деревне Дубовцы, деревне Хатьковцы Новые. Река относится к левым притокам Немана, протекает через Волковысскую возвышенность, долина трапецеобразная, шириной 1,0-2,5 км, русло извилистое, средний уклон водной поверхности 0,8 ‰ [15]. Единичные мельницы находятся на реках Оршаница, Сервечь, Нарочанка, Цветень (место впадения в реку Зап. Березина), Змейка (приток р. Уша).

Местоположение прочих водяных мельниц на водотоках и водоемах в масштабе карты 1:500 000 проанализировано в границах вмещающих их ландшафтов.

В разрезе родов ландшафтов, наибольшее количество водяных мельниц зафиксировано в границах холмисто-моренно-эрозионных ландшафтов – 33 объекта или 21,15 %, вторично-моренных – 31 объект или 19,87 % и водно-ледниковых – 28 объектов или 17,95 % от всех водяных мельниц. Суммарно на эти три рода ландшафтов приходится 58,97 % всех мельниц.

Холмисто-моренно-эрозионные ландшафты относятся к возвышенным, они сформировались в пределах конечно-моренных гряд сожской стадии припятского оледенения. Преобладают абсолютные высоты более 200 м. Рельеф преимущественно холмистый и холмисто-грядовый, расчлененный долинами малых рек, ручьев, овражно-балочной сетью. Здесь и далее краткое описание природных черт ландшафтов приведено по [11]. Наибольшее количество мельниц расположено на водных объектах в границах крупнохолмисто-грядовых (8 мельниц), мелкохолмисто-грядовых (7 мельниц), среднехолмистых (5 мельниц) видов ландшафтов (рис. 4).



Рис. 4. Распределение водяных мельниц в границах холмисто-моренно-эрозионных ландшафтов

Локализация водяных мельниц находится на притоках р. Неман. На р. Молчадь (левый приток Немана) и ее притоках расположено 11 объектов, на притоках р. Зельвянка – 4, в верховьях Западной Березины – 3, р. Валевка – 2.

Вторично-моренные ландшафты относятся к средневысотным, они сформировались на массивах основной морены различных стадий припятского оледенения, имеют относительно выровненную поверхность с разнообразием морфологических форм рельефа – от плоского до холмисто-увалистого. Абсолютные высоты составляют 150-180 м. Характерны отдельные моренные и камовые холмы, мелкие речные долины, плоскодонные заболоченные ложбины стока, в придолинных частях – овраги и балки.

В размещении водяных мельниц прослеживается зависимость от форм рельефа: в границах волнистых ландшафтов расположено 12 объектов, холмисто-волнистых – 9, волнисто-увалистых – 6, холмисто-увалистые – 3, плосковолнистые – 1 (рис. 5).

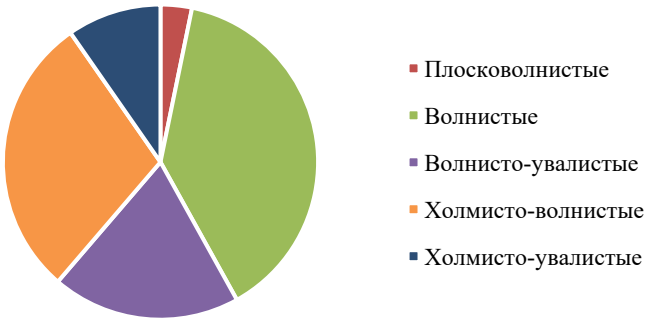


Рис. 5. Распределение водяных мельниц в границах вторичноморенных ландшафтов

Локализация мельниц в этих ландшафтах также наблюдается в бассейне р. Неман. На притоках р. Вилия расположено 7 объектов (например, мельница в хорошей степени сохранности здания на р. Оксна, деревня Василевичи), на притоках р. Свислочь – 4, р. Сула – 2, р Валевка – 2, р. Лебеда – 2, р. Лидейка – 1.

Водно-ледниковые ландшафты широко распространены на территории Беларуси, относятся к средневысотным, их происхождение связано с деятельностью талых ледниковых вод поозерского и припятского оледенений. Эти ландшафты сложены мощными разновозрастными толщами песков. Абсолютные высоты составляют 150-190 м, колебания относительных высот составляют 2-3 м, рельеф часто осложнен песчаными дюнами, грядами, котловинами и неглубокими речными долинами, это придает ему разнообразный плосковолнистый и волнистый характер. В границах рода выделено 15 видов ландшафтов.

Водяные мельницы расположены в границах только 8 видов ландшафтов. Особенности размещения водяных мельниц в границах этих ландшафтов связаны с тем, что придолинные зандры фрагментарно встречаются вдоль долин современной речной

сети. По группам мезорельефа их распределение следующее: в границах волнистых ландшафтов расположено 12 объектов, плосковолнистых – 11, холмисто-волнистых – 4, плоских – 1 (рис 6).



Рис. 6. Распределение водяных мельниц в границах водно-ледниковых ландшафтов

Отмечаются локализации водяных мельниц в бассейне р. Неман: на р. Лоша (приток р. Ошмянка) расположено 3 объекта, р. Узлянка – 2, р. Плиса – 2, р. Сервечь – 1, р. Уса – 1. Объекты расположены и в бассейнах других рек: на р. Свислочь (бассейн Березины) в верхнем и среднем течении находятся 4 мельницы, на р. Мнюта и ее притоках (бассейн Дисны) – 2 объекта.

В остальных ландшафтах водяные мельницы встречаются достаточно редко – менее 10 % в границах каждого рода. Из них в моренно-озерных ландшафтах – 15 объектов (9,62 %), в пределах холмисто-моренно-озерных и камово-моренных расположено 8-9 объектов (5,13-5,77 %), моренно-зандровых и озерно-ледниковых – 3-5 объектов (1,92-3,21 %).

Моренно-озерные ландшафты схожи с вторичноморенными, но сформировались на массивах основной морены поозерского оледенения, для них характерен пологоволнистый, волнистый и холмисто-волнистый рельеф. Абсолютные высоты составляют 140-160 м, относительные – около 5, реже 10-15. Поверхность расчленена ложбинами стока талых ледниковых вод, котловинами и западинами, озерами, из положительных форм встречаются останцы моренных гряд.

В границах полого- и плосковолнистых ландшафтов расположено 6 мельниц, волнистых – 3, холмисто-волнистых – 6 (рис. 7).



Рис. 7. Распределение водяных мельниц в границах моренно-озерных ландшафтов

Локализация объектов наблюдается на левых притоках р. Дисна: на р. Мнюта – 4 мельницы, р. Аршаница – 2, р. Голбица – 2. На притоках Зап. Двины разного порядка расположен ряд объектов: на р. Вята – 1 объект, р Усыса – 2, Зароновка с притоками – 2, Лужеснянка – 1.

Формирование моренно-зандровых ландшафтов связано с массивами основной морены, которая была перекрыта отложениями водно-ледниковых потоков и выступает на современной поверхности в виде останцов. Рельеф осложнен заболоченными ложбинами стока и котловинами, редкими камами и дюнами. На водораздельных пространствах развита овражно-балочная сеть. В границах рода выделено 8 видов ландшафтов, включая группы плоских, волнистых и волнисто-увалистых.

Природных закономерностей в размещении водяных мельниц не выявлено, все 3 объекта расположены в границах плоских ландшафтов, из них 2 объекта на р. Ивенка, правом притоке р. Неман (городской посёлок Ивье, деревня Дындылишки), 1 объект – в деревне Кистени, в долине р. Днепр.

Холмисто-моренно-озерные ландшафты относятся к возвышенным, сформировались в пределах конечно-моренных гряд поозерского оледенения. Преобладают абсолютные высоты более 180-220 м. Рельеф преобладает холмистый и холмисто-грядовый, расчлененный долинами малых рек, ручьев, многочисленны озера и заболоченные котловины.

Мельницы расположены на водных объектах в границах ландшафтов мелкохолмисто-грядовых с камами и озами – 2, среднехолмисто-грядовых – 6 (рис. 8).



Рис. 8. Распределение водяных мельниц в границах в холмисто-моренно-озерных ландшафтов

Локализация водяных мельниц в границах холмисто-моренно-озерных ландшафтов находится на р. Ушача – 2 объекта. В бассейне р. Страча расположено 3 объекта, следует отметить, что, водяная мельница в деревне Грумбиненты находится на оз. Большой Болтик.

Камово-моренные ландшафты приурочены к зонам конечно-моренного рельефа в тех его участках, где формировались массивы холмов, сложенных толщами водно-ледниковых отложений, преимущественно песчаных. Преобладают ландшафты с мелкохолмистым и среднехолмистым рельефом, осложненным озовыми грядами, западинами, котловинами, ложбинами стока.

В границах мелкохолмистых ландшафтов расположено 3 мельницы, среднехолмистых – 6 объектов (рис. 9).



Рис. 9. Распределение водяных мельниц в границах камово-моренных ландшафтов

Локализация объектов прослеживается на р. Лососна, р. Лоша –1 объект, в бассейне р. Неман. Единично водяные мельницы расположены в границах камово-моренных ландшафтов в г. Браслав (Браславская группа озер), д. Горбатица (Ушачская группа озер).

Озерно-ледниковые ландшафты относятся к группе низменных. Их формирование связано с существованием и спуском речной сетью, крупных приледниковых озер. Современный рельеф сочетает плоские, плосковолнистые, волнистые и холмисто-волнистые участки. Абсолютные высоты преимущественно составляют 130-160 м, относительные превышения 2-3 м. Поверхность слабо расчленена долинами рек, встречаются озера, котловины, дюны. В границах плоских ландшафтов расположен 1 объект, плосковолнистых – 4 объекта (рис. 10).

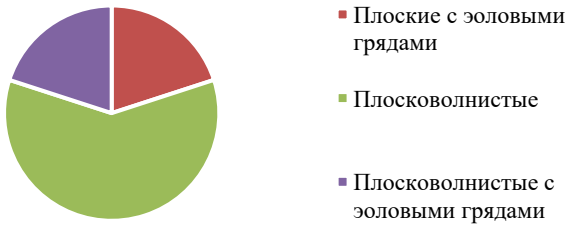


Рис. 10. Распределение водяных мельниц в границах озерно-ледниковых ландшафтов

Наблюдается локализация водяных мельниц на притоках р. Дисна в районе городского посёлка Шарковщина. Остальные объекты в границах ландшафтов этого рода расположены единично.

Выводы. Особенности размещения водяных мельниц в границах природных ландшафтов Беларуси отражают природно-исторические условия. Достаточно четко прослеживается взаимосвязь между размещением мельниц и благоприятностью ландшафтных условий к их функционированию как гидротехнических систем.

Мельницы и вмещающие их ландшафты образуют локальные природно-технические системы. Это положение подтверждается расположением 82,05 % всех сохранившихся мельниц в границах возвышенных и средневысотных ландшафтов, т.е. на малых реках и ручьях. В границах низменных ландшафтов расположено 17,95 % объектов, из них 14,74 % расположено в пределах ландшафтов речных долин. На крупных реках, деятельность которых сформировала обширные заболоченные пойменные ландшафты, изучаемых объектов не обнаружено.

Исследование показало, что местоположение водяных мельниц на ряде рек, иллюстрирует применимость парагенетической концепции ландшафтов. «Цепочки» мельниц на реках Мнюта, Сервечь, Валевка расположены в разных генетических ландшафтах, но образуют общую парагенетическую (т.е. сопряженную) ландшафтную систему от водораздела к базису эрозии.

Еще одной особенностью, отражающей исторические аспекты хозяйствования, служит выраженная локализация водяных мельниц в бассейне р. Неман на его притоках разного порядка, в том числе на р. Вилия. Локализации меньшего масштаба прослеживаются на притоках р. Дисна, р. Западная Двина и р. Березина.

Водяные мельницы являются важным элементом историко-культурного наследия Беларуси и придают своеобразие и живописность вмещающим их природным ландшафтам.

Использованная литература:

1. Жилко Ф. Мельничное производство в Беларуси: история и современность. Молодечно: Типография «Победа», 2023. 295 с. (на бел. яз.)

2. Замятин Д.Н., Замятина Н.Ю., Митин И.И. Моделирование образов историко-культурной территории: методологические и теоретические подходы. Москва: Ин-т Наследия, 2008. 760 с.

3. Заяц И.С. Водяные и ветряные мельницы Северо-Западного региона России история и перспективы сохранения: дисс. ... канд. архитектуры. Санкт-Петербург, 2007. 167 с.

4. Исаченко А.Г. Оптимизация природной среды. Москва: Мысль, 1980. 264 с.

5. Калуцков В.Н. Ландшафт в культурной географии. Москва: Новый хронограф, 2008. 320 с.

6. Культурные ландшафты и эколого-туристские маршруты Кавказа: Тапан-Дигория. Москва: РУСАЙНС, 2023. 192 с.

7. Культурный ландшафт как объект наследия. Москва: Институт Наследия. – Санкт-Петербург: Дмитрий Буланин, 2004. 620 с.

8. Ландшафтное планирование с элементами инженерной биологии. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 239 с.

9. Ландшафты Белоруссии. Минск: Университетское, 1989. 239 с.

10. Марцинкевич Г.И. Ландшафтоведение: учебное пособие. Минск.: БГУ, 2007. 206 с.

11. Марцинкевич Г.И. Ландшафтоведение: учебное пособие. – Минск.: БГУ, 2013. 252 с.

12. Низовцев В.А. Структура, иерархия и классификация культурно-исторических ландшафтов // География и геоэкология на современном этапе взаимодействия природы и общества. Мат-лы Всеросс. науч. конф. «Селиверстовские чтения». Санкт-Петербург: СПбГУ, 2016. С. 693-698.

13. Николаев В.А. Культурный ландшафт – геоэкологическая система // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2000. № 6. С. 3-8.

14. Республика Беларусь. Ландшафтная карта. М. 1: 500 000. Минск: Белкартография, 2014.

15. Синяя книга Беларуси (водные объекты Беларуси). Энциклопедия. Минск: Белорусская энциклопедия имени Петруся Бровки, 1994. 414 с. (на бел. яз.).

16. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 319 с.

17. Хорошев А.В. Ландшафтно-экологическое планирование: учебник для вузов. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2023. 261 с.

18. Яротов А.Е., Жилко Ф.Б., Гагина Н.В., Сезоненко Ж.В., Матюшевская Е.В., Макар К.А. Мельницы как элемент реализации промышленного туризма в реконструкции историко-культурного пространства // Актуальные проблемы наук о Земле: исследования трансграничных регионов: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Брест: БрГУ, 2023. Ч. 2. С. 208. (на бел. яз.).

19. Водный кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс]. https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=Hk1400149&p1=1 – Дата доступа: 01.10 2023 г.

References:

1. Zhilko F. (2023), *Mill production in Belarus: history and modernity*, Molodechno, 295 p. (In Belarus.).

2. Zamyatin D.N., Zamyatina N.Yu., Mitin I.I. (2008), *Modeling images of historical and cultural territory: methodological and theoretical approaches*, Moscow, 760 p. (In Russ.).

3. Zayats I.S. (2007), *Water and windmills of the North-West region of Russia, history and prospects for preservation: diss. ... cand. of architecture*, St. Petersburg, 167 p. (In Russ.).

4. Isachenko A.G. (1980), *Optimization of the natural environment*, Moscow, 264 p. (In Russ.).

5. Kalutskov V.N. (2008), *Landscape in cultural geography*, Moscow, 320 p. (In Russ.).

6. *Cultural landscapes and ecological tourist routes of the Caucasus: Tapan-Digoria* (2023), Moscow, 192 p. (In Russ.).

7. *Cultural landscape as a heritage site* (2004), Moscow-St. Petersburg, 620 p. (In Russ.).

8. *Landscape planning with elements of engineering biology* (2006), Moscow, 239 p. (In Russ.).

9. *Landscapes of Belarus* (1989), Minsk, 239 p. (In Russ.).

10. Martsinkevich G.I. (2007), *Landscape science: textbook*, Minsk, 206 p. (In Russ.).

11. Martsinkevich G.I. (2013), *Landscape science: textbook*, Minsk, 252 p. (In Russ.).

12. Nizovtsev V.A. (2016), Structure, hierarchy and classification of cultural and historical landscapes, *Geography and geoecology at the current stage of interaction between nature and society*,

Materials of All-Russian Scientific Conference "Seliverst Readings", St. Petersburg, pp. 693-698. (In Russ.).

13. Nikolaev V.A. (2000), Cultural landscape – geoecological system, *Bulletin of Moscow University. Ser. 5. Geography*, No. 6, pp. 3-8. (In Russ.).

14. *Republic of Belarus. Landscape map* (2014), M. 1: 500 000, Minsk.

15. *Blue Book of Belarus (water bodies of Belarus), encyclopedia* (1994), Minsk, 414 p. (In Belarus.)

16. Sochava V.B. (1978), *Introduction to the doctrine of geosystems*, Novosibirsk, 319 p. (In Russ.).

17. Khoroshev A.V. (2023), *Landscape and environmental planning: a textbook for universities*, Moscow, 261 p. (In Russ.).

18. Yarotau A.E., Zhilko F.B., Hahina N.V., Sezanenko Zh.V., Matyushevskaya E.V., Makar K.A. (2023), Mills as an element of the implementation of industrial tourism in the reconstruction of historical and cultural space, *Current problems of Earth sciences: studies of transboundary regions: Collection of materials of the VI International Scientific and Practical Conference*, Part 2, Brest, p. 208. (In Belarus.).

19. Water Code of the Republic of Belarus [URL] https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=Hk1400149&p1=1 – access date 01.10.2023

Сведения об авторах:

Яротов Алексей Евгеньевич – Белорусский государственный университет (Минск, Беларусь), кандидат географических наук, доцент. E-mail: yarotau@gmail.com

Гагина Наталья Владимировна – Белорусский государственный университет (Минск, Беларусь), кандидат географических наук, доцент. E-mail: hahina@bsu.by

Макар Кристина Андреевна – Белорусский государственный университет (Минск, Беларусь), студентка. E-mail: kristina.mazurina.02@mail.ru

Information about authors:

Yarotau Aliaksei – Belarusian State University (Minsk, Belarus), Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor. E-mail: yarotau@gmail.com

Hahina Natallia – Belarusian State University (Minsk, Belarus), Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor. E-mail: hahina@bsu.by

Makar Krystsina – Belarusian State University (Minsk, Belarus), student. E-mail: kristina.mazurina.02@mail.ru

Для цитирования:

Яротов А.Е., Гагина Н.В., Макар К.А. Водяные мельницы как элемент историко-культурного наследия в ландшафтах Беларуси // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2024. № 1-2. С. 4-16.

For citation:

Yarotau A.E., Hahina N.V., Makar K.A. (2024), Water mills as an element of historical and cultural heritage in the landscape of Belarus, *Central Asian Journal of Geographical Sciences*, No. 1-2, pp. 4-16. (In Russ.).

УДК 551:631,4 (575.1) https://doi.org/10.5281/zenodo.12509482

Крахмаль К.А.

Чирчикский государственный педагогический университет, Чирчик, Узбекистан

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ В ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ЛАНДШАФТНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ЗАПАДНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ

Аннотация. *В статье изложены некоторые результаты изучения палеогеографических условий формирования ландшафтной зональности в зоне сочленения орогена Западного Тянь-Шаня и Туранской платформы в позднем кайнозое. Комплексные, междисциплинарные исследования основаны на современной концепции тектоники литосферных плит, включают изучение истории развития отдельных геотектонических структур, горизонтальных и вертикальных движений земной коры, палеонтологии, биогеографии и ряда других палеогеографические научных направлений. Уточнены и дополнены определения хроностратиграфических этапов в истории эволюционного формирования ландшафтной зональности, результаты которых позволяют проводить межрегиональную корреляцию развития природных процессов и явлений в пространстве и во времени.*

Ключевые слова: *Туранская платформа, ороген, Тянь-Шань, палеогеография, тектоника литосферных плит, ландшафтная зональность, хроностратиграфия, кайнозой*.

Krakhmal K.A**.**

Chirchik State Pedagogical University, Chirchik, Uzbekistan

PALEOGEOGRAPHIC CONDITIONS IN THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF THE LANDSCAPE ZONALITY OF THE WESTERN TIEN SHAN

Abstract. *This article presents some results of the study of paleogeographic conditions for the formation of landscape zonality in the junction zone of the Western Tien Shan orogen and the Turan platform during the Late Cenozoic. Comprehensive, interdisciplinary research is based on the modern concept of lithospheric plate tectonics, including the study of the history of the development of individual geotectonic structures, horizontal and vertical movements of the Earth's crust, paleontology, biogeography and a number of other paleogeographic scientific fields. The definitions of chronostratigraphic stages in the history of the evolutionary formation of landscape zonality have been clarified and supplemented, the results of which allow for an interregional correlation of the development of natural processes and phenomena in space and time.*

Key words: *Turan platform, orogen, Tien Shan, paleogeography, lithospheric plate tectonics, landscape zonation, chronostratigraphy, Cenozoic*.

Введение и постановка проблемы. Актуальность изучения региональных особенностей истории палеогеографического формирования природы, обусловлена активизацией поиска рациональных методов природопользования. Так, в Программе ООН устойчивого развития до 2030 года особое внимание уделено «защите и восстановлению наземных экосистем, борьбе с опустыниванием, улучшению экологической обстановки».

Результаты палеогеографических исследований истории формирования земной поверхности в зоне сочленения орогена Западного Тянь-Шаня и Туранской платформы позволяют определить тренд развития ряда природных процессов и явлений. В процессе палеогеографической реконструкции этапов формирования ландшафтов, на фоне которых происходила эволюция растительного и животного мира, рассматриваются в генетической последовательности на протяжении истории геологического развития крупных тектонических структур Высокой Азии.

Изученность проблемы. Наиболее ранние сведения, посвященные описаниям региональных особенностей природы на территории Высокой Азии, зафиксированы в письменных источниках, начиная со времен А. Македонского, войска которого пересекли Гиндукуш. Возможно, на этом основании принято считать, что впервые территория Памира и Тянь-Шаня была посещена европейцами во время походов Македонского в восточные страны (334-323 гг. до н.э.).

Так, у Дикеарха и Эратосфена (275-195 гг. до н. э.) впервые встречается туземное название Имансон (Имаус, Имаий, Имав), восходящее к современному названию Гималаи. Под этим названием хребта понимали горную цепь широтного простирания, вытянутую к востоку от Парапамыза. В дальнейшем этот хребет Птолемей (147-70 годы до н. э.) разместил на месте современного Памира и севернее как водораздел между системами Окса (Амударьи), Яксарта (Сырдарьи) и Ойхарда (Тарима). Ряд физико-географических характеристик отмечены в трудах Мая Тициана. По этим сведениям Марином Тирским был реконструирован маршрут армии Македонского, а затем воспроизведен в знаменитом «***Руководстве по географии***» Птолемея. Клавдий Птолемей называет Памир «Комеда» (Comedae) [21].

Представления европейцев о ландшафтах и географическом положении Памира и Тянь-Шаня до начала XIX в. основывались на сообщениях средневековых купцов и папских послов в страны Азии [9]. Сведения по географии Центральной Азии были обобщены в первой половине XIX в. в работах А. Гумбольдта [2] и К. Риттера [11].

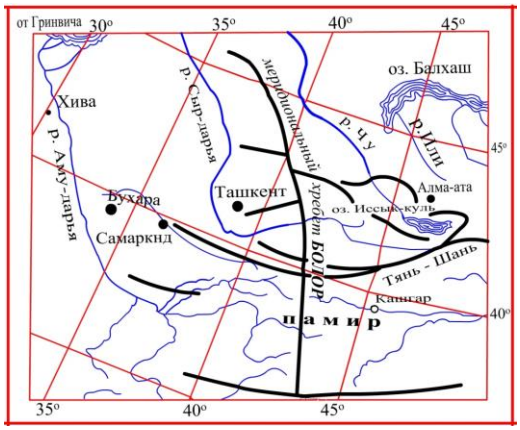


Рис. 1. Схема хребтов Средней Азии (по А. Гумбольдту, 1844)

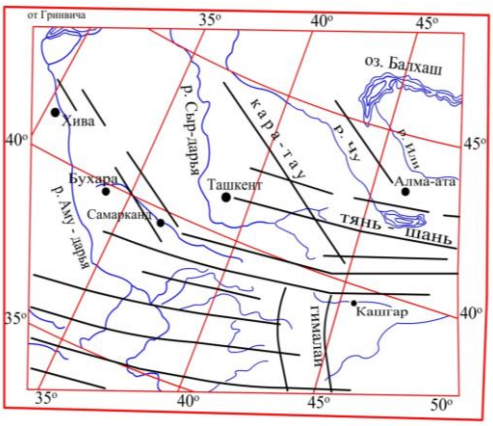


Рис. 2. Схема хребтов Средней Азии (по Рихтгофену, 1877)

На основании письменных источников А. Гумбольдт описал обобщенное представление о связующем меридиональном хребте Болор. Сложное расчленение хребта Болор он объяснял тем, что названный меридиональный хребет пересекается двумя огромными, преимущественно восточно-западными осями поднятий, в северной части - Тянь-Шанской, а в южной – Куньлуньской (Рис. 1).

Гумбольдт и Риттер (Рис. 2) располагали Болор к северу от сочленения Гималаев, Гиндукуша и Куньлуня на пространстве между 32,5 и 45,5 градуса северной широты. Таким образом, меридиональная цепь Болора представлялась Гумбольдту связующим звеном крупнейших горных систем Внутренней Азии [20]. В схеме орографии были выделены четыре системы горных хребтов – Алай, Тянь-Шань, Куньлунь, Гималаи и меридиональная система Болор-Таг. Под Болором в пределах Средней Азии А. Гумбольдт понимал систему поднятий, протягивающуюся от сочленения Куньлуня и Каракорума на юге через Восточный Памир, Ферганский хребет до хребта Каратау на севере.

Во второй половине XIX века П.П. Семенов, Н.М. Пржевальский, А.П. Федченко, Н.А. Северцов, В.Ф. Ошанин, Д.Л. Иванов, А.А. Миддендорф и другие ученые начинают изучение природы горных систем Средней и Центральной Азии. Проводят

минералогические, физико-географические, зоогеографические, энтомологические, ботанические и климатологические исследования [13]. Непосредственным итогом этих исследований является фундаментальное зоогеографическое произведение Н.А. Северцова «Вертикальное и горизонтальное распределение туркестанских животных». Фергано-Памирская экспедиция**,** проведенная в 1877-1878 годах, позволила Н.А. Северцову изучить один из труднодоступных, но интереснейших в географическом отношении горных регионов Туркестанского края [14].

Один из первых исследователей природы Средней Азии А.Н. Краснов в 1886 году совместно с выдающимся геологом и географом И.В. Мушкетовым [8], начинает изучение природы Тянь-Шаня в составе экспедиции И.В. Игнатьева. Программа экспедиции предусматривала гляциологические, геоморфологические, геодезические и ботанико-географические исследования. В процессе изучения генезиса формирования континентальных флор А.Н. Краснов, применил метод сравнительной геоботаники. Известно, что в XIX столетии термин «**геоботаника**» впервые введен в научный оборот в трудах Гризебаха и Рупрехта [6] и получил затем широкое распространение в ботанической и географической литературе. А.Н. Краснов формулирует геоботанику как учение о зависимости между характером ботанических формаций и историей горных ландшафтов [4].

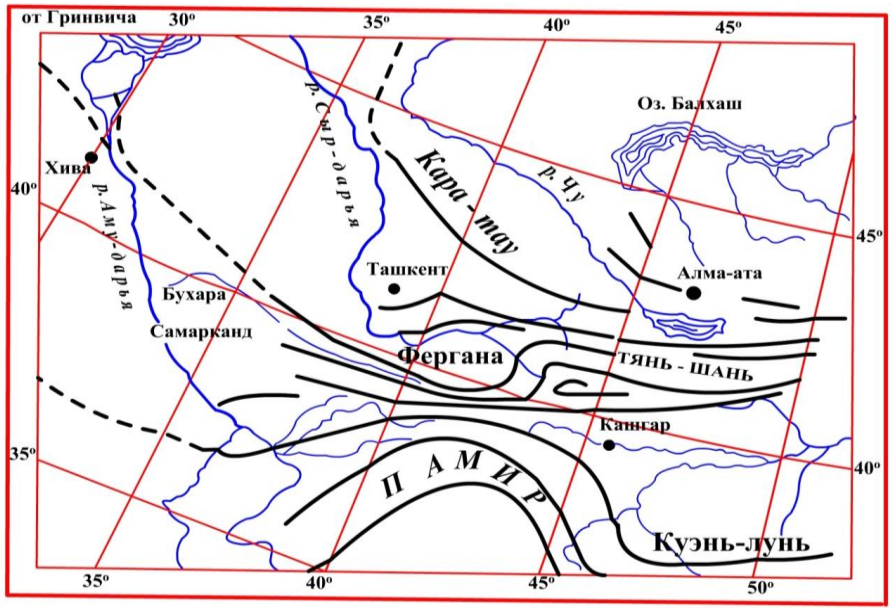


Рис. 3. Схема тектоники Средней Азии (по Д.И. Мушкетову, 1923)

В начале XX века Д.И. Мушкетов отметил главные этапы образования горных систем Тянь-Шаня с делением на северные, центральные и южные дуги (Рис. 3). Этапы соответственно имели каледонский, герцинский и альпийский возраст. В северной части в пределах Тянь-Шаня, Куньлуня, Северного Памира, Тибета, Циляньшаня, Циньлина геосинклинальный этап завершается в герцинский цикл и, в дальнейшем, установились платформенные условия развития земной коры.

Полученные результаты в XIX и начале XX вв. представляют собой источники по реконструкции мониторинга ландшафтных особенностей палеогеографического развития природы в зоне Западного Тянь-Шаня и прилегающих регионов.

В историографическом аспекте важно отметить правомерность высказанных мыслей первопроходцев, объективно воспринятых в ходе последующего изучения природы Средней Азии. Идеи о геологических процессах получили впоследствии развитие в трудах К.К. Маркова, И.П. Герасимова, В.И. Попова, Ю.А. Скворцова, С.С. Шульца, Г.Ф. Тетюхина и многих других выдающихся исследователей, изучавших

решающую роль неотектоники, геоморфологии, палеогеографии в истории формирования региональных особенностей ландшафтной зональности Тянь-Шаня и прилегающих регионов. Таким образом, интерес специалистов к истории палеогеографического развития природы, Тянь-Шань, Памиро-Алай, как систем Высокой Азии, характеризующих уникальное планетарное явление, никогда не спадал.

Цели и задачи работы. Целью работы является определение роли палеогеографических процессов в становлении ландшафтной зональности, современного облика биосферы и разработок прогнозов на будущее.

На основании синтеза результатов комплексного изучения эндогенных и экзогенных процессов определены основные задачи по разработке дополнительной хроностратиграфической детализации динамики тектонических преобразований ландшафтной зональности, фациальных условий формирования литологического субстрата, гидросферы, атмосферы, истории развития биосферы в зоне горной системы Тянь-Шаня и прилегающих регионов.

Материалы и методы. В процессе разработки данной тематики применены традиционные методы для палеогеографических направлений комплексные, междисциплинарные исследования истории развития природной среды. Региональные особенности палеогеографического формирования природы основаны на современной концепции тектоники литосферных плит, и включают изучение истории тектонического развития рельефа, палеонтологии, биогеографии, определение хроностратиграфических этапов истории эволюционного формирования ландшафтной зональности. Методы корреляционного анализа региональных особенностей палеогеографического развития природной среды позволяют проводить межрегиональные хроностратиграфические сопоставления этапов эволюционного формирования природы в масштабах Высокой Азии.

Методы предложенного исследования значительно расширяют задачи по восстановлению палеогеографических условий территории Западного Тянь-Шаня. На основе характеристик тектонического развития региона и изучения этапов формирования континентальных отложений в стратиграфической последовательности проведено изучение этапов локальных деформации рельефа горных, предгорных и равнинных сооружений.

Результаты и их обсуждение. Территория Западного Тянь-Шаня представляет собой область поднятия горных структур, включая крупные горные впадины. Это позволяет проводить сложные палеогеографические реконструкции погребенных типов рельефа, развивавшихся в прошлом палеоландшафтов, несмотря на непрерывную изменчивость тектонических условий и неполноту геологической летописи. Стратиграфическое изучение фациальных комплексов горных сооружений проводилось на опорных разрезах. В этом плане определены существенные особенности геологического строения региона, выраженного в четкой субширотной тектонической зональности ландшафтов, последовательной смене с севера на юг складчатых сооружений каледонид – Северного Тянь-Шаня, герцинид – Срединного и Южного Тянь-Шаня, включая Северный Памир, альпинид – Центрального, Юго-восточного Памира и Копетдага.

Отмеченные особенности истории геологического строения региона определили региональные и локальные различия разрезов по возрасту, стратиграфической полноте, составу и мощности отложений [12]. Палеогеографические структуры, в общем плане Западного Тянь-Шаня, расположены в зоне сопряжения трансорогенных разломов северо-восточного и меридионального простирания. Этим определяется большая сложность ландшафтной раздробленности территории и соответствующих палеогеографических особенностей формирования природной среды (Рис. 4).



Рис. 4. Сложность ландшафтной зональности в зоне Чаткальского хребта

Основное направление формирования палеогеографических структур в эпохи альпийского тектогенеза фиксируется в широтных горизонтальных движениях и в вертикальных поднятиях земной поверхности. При этом отмечены сдвиговые деформации в зоне Таласо-Ферганского глубинного разлома северо-западного простирания (Рис. 5).



Рис. 5. Таласо–Ферганский разлом. Сопряженная зона тектонического развития

Пересечение древних и молодых геотектонических структур в северо-западном направлении также свидетельствует о большой роли горизонтальных движений в формировании современной ландшафтной зональности. Пересечение основных структурных элементов и разрывных нарушений восточной части Угамской антиклинали, которая к западу ограничена разломом, и почти под прямым углом отходит к серверу от Каржантауского надвига. По геологическим данным, вдоль разлома в позднем палеозое произошли крупные вертикальные преобразования ландшафтной зональности.

В связи с этим палеогеографическое изучение формирования ландшафтной зональности в зоне орогена Западного Тянь-Шаня и Туранской платформы проводится в непосредственном соответствии с концепцией глобальной тектоники, согласно которой Индийская платформа до начала юры входила в состав единого суперконтинента Гондвана. Вероятный распад и движение на север произошли в течение мезозоя. Скорость ее перемещения на север, с юрского периода до современной эпохи, составляет 5-6 см/год.

Сближение Индийской платформы с территорией Высокой Азии произошло к концу олигоцена. Об этом свидетельствует древняя широта местоположения Приташкентского района, вычисленная по направлению древней намагниченности отложений верхнего олигоцена-нижнего миоцена. Таким образом, территория региона

исследований в период формирования палеогеографических условий в позднем олигоцене-раннем миоцене находилась южнее на 14-15°.

Дальнейшее перемещение Индийской платформы на север после сближения с Высокой Азией привело, в свою очередь, к значительным палеогеографическим преобразованиям рельефа и трансформации палеоэкологических условий региона исследований. Однако продвижение Индийской платформы на север после соприкосновения с суперконтинентом замедлилось. Расчеты показали, что территория Высокой Азии в течение миоцена продвигалась со скоростью ~ 8 см/год. Исходные данные для расчета скорости определили, что территория Приташкентского района в течение позднего олигоцена-миоцена переместилась на север на 15°, что соответствует расстоянию 1680 км (Рис. 6).

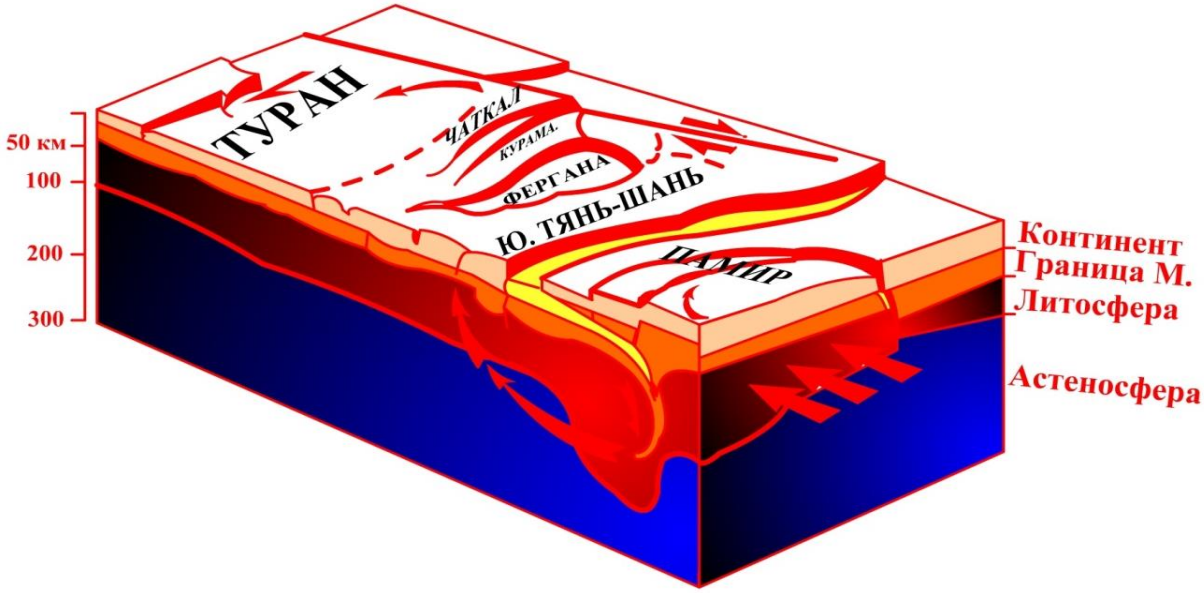


Рис. 6. Горизонтальные движения в периоды последовательной тектонической активизации консолидированных участков земной коры окраинных частей орогена Тянь-Шаня, Туранской плиты и Центрально-Казахстанского щита

Своеобразный характер тектонических движений основных структурных элементов региона исследований происходит в периоды среднего плиоцена. В отмеченный этап геологического времени тангенциальные перемещения продолжают интенсивно влиять на дальнейшее развитие вертикальных поднятий литосферы и существенно преобразуют высотную зональность палеоландшафтов. При этом особенности проявления сейсмичности в регионе исследований указывают на удвоение толщины коры за счет надвига структур Памира на структуры Южного Тянь-Шаня (Рис. 6).

Глубинный рельеф земной коры эпиплатформенного орогена, как и ее поверхностная структура, характеризуют один из основных показателей истории тектонического развития региона. Выявленное дугообразное в плане глубинное строение Тянь-Шаня характеризуется существенным погружением земной коры от 40-45 до 55-60 км к реликтам центральной части геологических структур каледонских и герцинских островных океанических дуг Тетиса [17]. Это обусловило значительное геоморфологическое и фациальное генетическое многообразие рельефа.

Основное направление структур, разрывных нарушений и сейсмических зон соответствует олигоцену, миоцену и плиоцену, а время основного этапа формирования высотной зональности палеорельефа отнесено к четвертичному периоду. Геотектонические особенности строения ландшафтной зональности Западного Тянь-Шаня определяют полицикличное, гетерогенное развитие четвертичных отложений и, соответственно, своеобразие форм рельефа. На это указывает соответствие направлений

разрывных нарушений в различное геологическое время – миоцен, плиоцен и четвертичный период.

Сопоставление основных палеогеографических структурных форм рельефа в кайнозое позволяет отметить, что первоначальные очертания систем поднятий частично унаследовали палеозойские области сноса и накопления континентальных осадков. Это относится к крупным структурам Западного Тянь-Шаня, включая Чаткало-Кураминское поднятие, Ангренскую и Чирчикскую впадины.

Комплексный анализ палеогеографической обстановки в регионе указывают на роль горизонтальных движений в периоды последовательной тектонической активизации консолидированных участков земной коры окраинных частей молодой Туранской плиты и Центрально-Казахстанского щита.

Литосфера эпипалеозойской Туранской плиты в конце олигоцена подверглась интенсивным сжимающим напряжениям, действующим со стороны Индостана [18].

Система нарушений северо-восточного простирания является активной в современный период, синхронно развивающегося совместно с альпийскими пликативными структурами. Выраженные в рельефе палеоландшафтов палеозоя нарушения четко фиксируют преобладанием сдвиговых нарушений над вертикальными поднятиями, характеризующими этапы формирования ландшафтной зональности (Рис. 7).

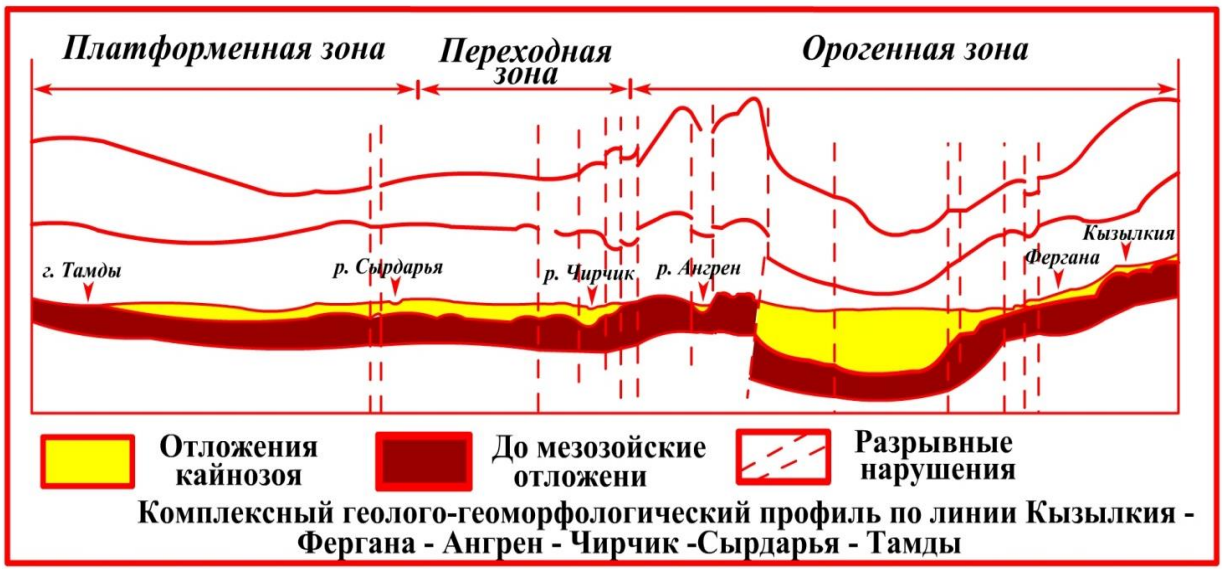


Рис. 7. Комплексный палеогеографический профиль ландшафтной зональности по линии Кызылкия – Фергана – Ангрен-Чирчик – Сырдарья – Тамды

Наблюдается согласованность в деформировании земной коры восточной части Туранской плиты и орогена Тянь-Шаня, характеризующаяся продолжающимися тектоническими активизациями, втягиванием все новых платформенных территорий в интенсивные тектонические движения. Об этом свидетельствует высокая сейсмичность переходной области от орогена к молодой платформе и сейсмическая активность самой платформы. Взаимодействие блоков земной коры области перехода от орогена к Туранской плите связаны непосредственно с динамикой литосферы Памиро-Алая и Тянь-Шаня [16].

Результаты палеогеографических исследований говорят о том, что разломы северо-восточного простирания фиксируются в вертикальной зональности палеоландшафтов и развиваются вместе с ними в неоген-четвертичное время. Амплитуды движений в зонах субширотных разломов также характеризуют активизацию на протяжении неоген-четвертичного времени.

В зоне Назарбека, в осевых частях антиклиналей, амплитуды неоген-четвертичных движений составляют от +400 до -300 м, а в прогибах Приташкентского района, от -100 до -1600 м [5].

В области орогена отмечены дифференцированные, контрастные новейшие движения. Так, в Чаткало-Кураминских, Туркестано-Алайских системах поднятий суммарные амплитуды движения составляют до 5 км, а в прогибах от 1 до 10 км. Разные величины значений градиентов скоростей в крыльях разломов указывают за их активность в течение неоген-четвертичного времени. В целом, активность большинства субширотных и северо-восточных меридиональных разломов, а также участки поднятий и опусканий различных порядков унаследованы от древних палеоландшафтов. Средние скорости горизонтальных тектонических движений в пределах Приташкентского района колеблются от 0,5 до 3,0 мм/год, а градиенты новейших горизонтальных движений от $1{,}10^{-8}$ до $2{,}10^{-8}$ см см/год. При этом минимальные скорости и градиенты отмечаются в равнинной части территории, а максимальные – в зонах крупных тектонических морфоструктур предгорной части Западного Тянь-Шаня [18].

Количественная оценка тангенциального сжатия в Приташкентском районе, показывает, что величины в отдельных морфоструктурах составляют от 0,1 до 1,9 км. Аномальными значениями тангенциального сжатия характеризуются Ангренская, Нурекатинская впадины, Чаткальская, Кураминская мегаантиклинали и отдельные локальные формы палеорельефа (Рис. 7) [19]. Анализ существующих повторных геодезических измерений показывает, что скорости современных движений на плите составляют от 3 до +1 мм/год: в переходной зоне – от 4 до 10 мм/год. Увеличенные значения скоростей современных движений и их градиентов отмечено в зонах активизированных разломов, в положительных морфоструктурах.

В зонах разломов, расположенных на Туранской плите, движения достигают 18-22 мм/год. В зоне орогена Западного Тянь-Шаня – 30-40 мм/год. В целом увеличение амплитуд и скоростей современных движений наблюдается в орогене и переходной зоне Туранской плиты инструментально установлено растяжение 1-4 см/год, а в орогене – сжатие.

Таким образом, геологические структуры изучаемой палеоландшафтной зональности, расположенные в различных тектонических областях, сформированы не только в результате вертикально направленных сил, но и значительного тангенциального сжатия.

Выводы. Временные этапы палеогеографических преобразований ландшафтной зональности в пределах зоны сочленения орогена Тянь-Шаня и Туранской плиты изучены комплексными междисциплинарными методами. Количественная оценка показывает, что интенсивность тектонических движений земной поверхности унаследована и постепенно снижается от орогена Западного Тянь-Шаня в направлении к Туранской плите через переходную предгорную зону. Переходная зона включает Приташкентский прогиб, который отчетливо обозначен в строении консолидированного фундамента, и в проявлениях новейших тектонических движений.

Палеогеографические условия отдельно выделенных хроностратиграфических этапов формирования ландшафтов Западного Тянь-Шаня включают высокогорные, горные и предгорные зоны обрамления, характеризуются преимущественно контрастным денудационным рельефом и динамикой консолидированных блоков земной коры. Восточная граница переходной зоны ограничена субмеридиональным Келес-Аксуйским линеаментом шириной до нескольких десятков километров. Переходная зона прослежена на основании фиксации дифференцированной ландшафтной зональности с севера на юг, от Южно-Казахстанской области через районы Ташкента и Бекабада уходит в направлении Таджикской депрессии.

По результатам сопоставления фрагментов разновозрастных региональных врезов транзитных горных рек отмечены главные циклы эрозионного расчленения долин

Западного Тянь-Шаня. Определены основные черты строения склонов хребтов, горных впадин и проведено сопоставление геоморфологических форм долин древних горных рек.

На основании полученных результатов комплексного, палеогеографического изучения последовательности тектонического развития рельефа предложены некоторые дополнения к определениям относительного возраста ландшафтной зональности. В данном направлении исследования отмечены структурно-обусловленные этапы развития локальных деформаций земной поверхности, которые являются своеобразными «индикаторами» тектонических движений. На основе результатов изучения генетического состава литологического субстрата, сформированного в стратиграфической последовательности во впадинах, проведена палеогеографическая реконструкция и детализация временных рубежей сноса и аккумуляции субаквальных отложений. Особое внимание уделено изучению гидрогеологического строения притоков Сырдарьи – рек Ангрен, Чирчик, Арысь, Келес, которые наиболее четко реагируют на палеогеографический процесс формирования структур ландшафтной зональности.

Результаты палеогеографических исследований истории развития природы в зоне сочленения орогена Западного Тянь-Шаня и Туранской плиты в генетической последовательности позволяют дополнить представления о динамике развития естественных процессов и явлений, разработать рекомендации по охране окружающей среды, прогноз и определение тенденций дальнейшего развития природных процессов в будущем.

Использованная литература:

1. Атабаев Д.Х., Абдуназаров У.К., Крахмаль К.А. История формирования палеоландшафтов в зоне сочленения Туранской плиты и Западного Тянь-Шаня // Известия Географического общества Узбекистана. 2021. Том 59. С. 14-20.

2. Гумбольт А. Центральная Азия. т. 1. Москва, 1915. 350 с.

3. Крахмаль К.А. Хроностратиграфия раннего антропогена Узбекистана по геоботаническим источникам. Ташкент: Университет, 2015. 204 с.

4. Крахмаль К.А. Биостратиграфия эоплейстоцена и раннего антропогена на территории Узбекистана. Ташкент: Университет, 2015. 216 с.

5. Мавлянов Г.А., Якубов Д.Х., Ярмухамедов А.Р., Тетюхин Г.Ф. О четвертичной и современной активизации тектонических движений в Центральных Кызылкумах // Современные движения земной коры, теория, методика, прогноз. Москва, 1980. С. 94-98.

6. Максимович К.И. Очерк жизни и трудов Франца Ивановича Рупрехта // Записки Императорской Академии наук. 1872. Т. 20. С. 1-49.

7. Марков К.К., Лазуков Г.И., Николаев В.А. Четвертичный период. В 2-х тт. Т. 1. Москва: МГУ, 1965. 371 с.

8. Мушкетов И.В. Туркестан. Геологическое и орографическое описание по данным, собранным во время путешествий с 1874 по 1880 гг. Т. 1, часть 1. Петроград: Изд-во Русского географического общества. 1915. 558 с.

9. Поло М. Книга Марко Поло (Орография мира). Москва: Географгиз, 1956. 376 с.

10. Рафиков Я.М. Схема магматизма Чаткало-Кураминской активной континентальной окраины // Геохронологические изотопные системы, методы их изучения, хронология геологических процессов. Москва: РАН, 2012. С. 302-304.

11. Риттер К. *Землеведение Азии.* Т. 1. Санкт-Петербург, 1856. С. 46

12. Садыбакасов И. Неотектоника Высокой Азии. Москва, 1990. 180 с.

13. Северцов Н.А. Орографический очерк Памирской горной системы // Записки Императорского Русского Географического общества по общей географии. Т. 13. Санкт-Петербург, 1886. 384 с.

14. Северцов Н.А. Краткий очерк орографии Высокой Азии по новейшим исследованиям с карты распределения высот свыше 9000 футов // Известия Императорского Русского Географического общества. Т. 8, отдел 2, Санкт-Петербург, 1872. 336 с.

15. Тойчиев Х.А., Крахмаль К.А. Хроностратиграфия антропогена Узбекистана // Проблемы каменного века Средней и Центральной Азии. Новосибирск, 2002. С. 200-203.

16. Уломов В.И. Глубинное строение земной коры юго-востока Средней Азии по данным сейсмологии. Ташкент: Фан, 1966. 120 с.

17. Уломов В.И. О сейсмогеодинамике области перехода от орогена Тянь-Шаня к Туранской плите // Сейсмо-геодинамика области перехода от орогена Тянь-Шаня к Туранской плите. Ташкент, 1986. С. 3-9.

18. Фадина Р.П., Сковородникова Г.А. Экспериментальные годографы глубоких Гиндукушских землетрясений вдоль профиля Файзабад – Кулкудук // Сейсмо-геодинамика области перехода от орогена Тянь-Шаня к Туранской плите. Ташкент, 1986. С. 59-67.

19. Ярмухамедов А.Р., Денисов Р.И., Ланге К.О., Крахмаль К.А. Генезис Бозсу в свете сейсмических событий и история урбанизационных процессов ее долины // Археология и история Центральной Азии. Самарканд, 2004. С. 168-170.

20. Humboldt A. (1843), *Asia centrale, vol. 2,* Paris, 572 p.

21. Curzon George N. (1897), *The Pamirs and the Source of the Oxus,* London, 83 p.

References:

1. Atabaev D.Kh., Abdunazarov U.K., Krakhmal K.A. (2021), The history of the formation of paleolandscapes in the zone of articulation of the Turan plate and the Western Tien Shan, *The Annales of the Geographical Society of Uzbekistan*, vol. 59, pp. 14-20. (In Russ.).

2. Humboldt A. (1915), *Central Asia*, vol. 1, Moscow, 350 p. (In Russ.).

3. Krakhmal K.A. (2015), *Chronostratigraphy of the early anthropogeny of Uzbekistan based on geobotanical sources,* Tashkent, 204 p. (In Russ.).

4. Krakhmal K.A. (2015), *Biostratigraphy of the Eopleistocene and Early anthropogenic period on the territory of Uzbekistan*, Tashkent, 216 p. (In Russ.).

5. Mavlyanov G.A., Yakubov D.Kh., Yarmukhamedov A.R., Tetyukhin G.F. (1980), On quaternary and modern activation of tectonic movements in the Central Kyzylkums, *Modern movements of the Earth's crust, theory, methodology, forecast*, Moscow, pp. 94-98. (In Russ.).

6. Maksimovich K.I. (1872), An essay on the life and works of Franz Ivanovich Ruprecht, *Notes of the Imp. Academy of Sciences,* vol. 20, book 1, p. 1-49. (In Russ.).

7. Markov K.K., Lazukov G.I., Nikolaev V.A. (1965), *The Quaternary period*, vol. 1, Moscow, 371 p. (In Russ.).

8. Mushketov I.V. (1915), *Turkestan. Geological and orographic description based on data collected during travels from 1874 to 1880*, vol. 1, part 1, Petrograd, 558 p. (In Russ.).

9. Polo M. (1956), *The Book of Marco Polo (Orography of the world),* Moscow, 376 p. (In Russ.).

10. Rafikov Ya.M. (2012), Scheme of magmatism of the Chatkal-Kurama active continental margin, *Geochronological isotope systems, methods of their study, chronology of geological processes*, Moscow, pp. 302-304. (In Russ.)

11. Ritter K. (1856), *Land Studies of Asia,* vol. 1, St. Petersburg, p. 46. (In Russ.).

12. Sadybakasov I. (1990), *Neotectonics of High Asia,* Moscow, 180 p. (In Russ.).

13. Severtsov N.A. (1886), Orographic sketch of the Pamir mountain system, *Notes of the Imperatore Russian Geographical Society on General Geography*, vol. 13, 384 p. (In Russ.).

14. Severtsov N.A. (1872), A brief outline of the orography of High Asia according to the latest research from a map of the distribution of heights over 9,000 feet, *Notes of the Imperatore Russian Geographical Society*, vol. 8, department 2, 336 p. (In Russ.).

15. Toychiev H.A., Krakhmal K.A. (2002), Chronostratigraphy of the anthropogen of Uzbekistan, *Problems of the Stone Age in Middle and Central Asia,* Novosibirsk, p. 200-203. (In Russ.).

16. Ulomov V.I. (1966), *The deep structure of the Earth's crust in the southeast of Central Asia according to seismology data,* Tashkent, 120 p. (In Russ.).

17. Ulomov V.I. (1986), On seismogeodynamics of the transition region from the Tien Shan orogen to the Turanian plate, *Seismogeodynamics of the transition region from the Tien Shan orogen to the Turanian plate*, Tashkent, pp. 3-9. (In Russ.).

18. Fadina R.P., Skovorodnikova G.A. (1986), Experimental hodographs of deep Hindu Kush earthquakes along the Faizabad–Kulkuduk profile, *Seismic geodynamics of the transition region from the Tien Shan orogen to the Turan plate*, Tashkent, pp. 59-67. (In Russ.).

19. Yarmukhamedov A.R., Denisov R.I., Lange K.O., Krakhmal K.A. (2004), Genesis of Bozsu in the light of seismic events and the history of urbanization processes of its valley, *Archeology and History of Central Asia*, Samarkand, pp. 168-170. (In Russ.).

20. Humboldt A. (1843), *Central Asia,* vol. 2, Paris, 572 p. (In French)

21. Curzon George N. (1897), *The Pamirs and the Source of the Oxus,* London, 83 p.

Сведения об авторе:

Крахмаль Константин Андреевич – Чирчикский государственный педагогический университет (Чирчик, Узбекистан), кандидат исторических наук, доцент. E-mail: panterra1950@mail.ru

Information about the author:

Krakhmal Konstantin – Chirchik State Pedagogical University (Chirchik, Uzbekistan), Candidate of Historical Sciences, Associate Professor. E-mail: panterra1950@mail.ru

Для цитирования:

Крахмаль К.А. Палеогеографические условия в истории формирования ландшафтной зональности Западного Тянь-Шаня // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2024. № 1-2. С. 17-27.

For citation:

Krakhmal K.A. (2024), Paleogeographic conditions in the history of the development of the landscape zonality of the Western Tien Shan, *Central Asian Journal of Geographical Sciences*, No. 1-2, pp. 17-27. (In Russ.).

ГИДРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ

HYDROLOGY AND CLIMATOLOGY

УДК 551.584.5 https://doi.org/10.5281/zenodo.12509645

Карандаева Л.М., Карандаев С.В.

Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Ташкент, Узбекистан

АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ РЕК ЧИРЧИК-АХАНГАРАНСКОГО БАССЕЙНА БАЗОВОГО И ТЕКУЩЕГО КЛИМАТИЧЕСКИХ ПЕРИОДОВ

Аннотация. *Выполнен статистический и сравнительный анализ средних месячных расходов воды двух климатических периодов: базового (1961-1990 гг.) и текущего (1991-2021 гг.). Информационной основой расчетов послужили ряды данных за исторический период наблюдений средних месячных расходов воды по данным гидрологических постов, расположенных на реках Чирчик-Ахангаранского бассейна. Выбрано 9 гидрологических постов с достаточно полными и длинными для проведения исследований рядами наблюдений. Как результат выполненных исследований следует отметить увеличение средних за весну расходов воды текущего климатического периода по сравнению с базовым периодом. Осредненные за базовый и текущий климатические периоды средние месячные расходы воды, по данным рассматриваемых гидрологических постов, достигают своего наибольшего значения вне зависимости от климатического периода в апреле: р. Ахангаран (с. Солдатское), р. Акташсай (к. Акташ); в мае: р. Янгикурган (к. Янгикурган), р. Ахангаран (устье реки Ирташ), р. Угам (с. Ходжикент), р. Чимгансай (к. Чимган); в июне: р. Майдантал (гп.Устье), р. Пскем (с. Муллала) и р. Чаткал (выше устья реки Худайдодсай).*

Ключевые слова: *Чирчик-Ахангаранский речной бассейн, гидрологический пост, средние месячные расходы воды, базовый климатический период, текущий климатический период.*

Karandaeva L.M., Karandaev S.V.

Hydrometeorological Research Institute, Tashkent, Uzbekistan

ANALYSIS AND COMPARISON OF AVERAGE MONTHLY WATER FLOW OF THE RIVERS OF THE CHIRCHIK-AKHANGARAN BASIN OF THE BASE AND CURRENT CLIMATE PERIODS

Abstract. *A statistical and comparative analysis of average monthly water flows of two climatic periods was carried out: base (1961-1990) and current (1991-2021). The information basis for the calculations was data series for the historical period of observations of average monthly water flows according to hydrological posts located on the rivers of the Chirchik-Akhangaran river basin. Nine hydrological stations with observation series that were sufficiently complete and long enough to conduct research were selected. As a result of the research, it should be noted that the average spring water flow rate of the current climate period increased compared to the base period. Averaged over the base and current climatic periods, the average monthly water flows according to the data of the considered hydrological posts reach their highest value, regardless of the climatic period, in April: r. Akhangaran (Soldatskoe village), r. Aktashsay (k. Aktash); in May: r. Yangikurgan (k. Yangikurgan), r. Akhangaran (mouth of the Irtash River), r. Ugam (Khodzhikent village), r. Chimgansay (k. Chimgan); in June: r. Maydantal (hydrological post Ustye), r. Pskem (Mullala village) and r. Chatkal (above the mouth of the Khudaydodsay River).*

Key words: *Chirchik-Akhangaran river basin, hydrological post, average monthly water flows, base climatic period, current climatic period.*

Введение и постановка проблемы. Изменение климата, проявляющееся в изменении количества и режима выпадения осадков, в таянии ледников, в повышении температуры воздуха, приводит к изменению стока рек. Национальные экономики стран, расположенных на территории Средней Азии, во многом зависят от водных ресурсов региона. Для Республики Узбекистан при высоком агрометеорологическом потенциале территории особенно важным компонентом являются водные ресурсы. Сельское хозяйство является одним из приоритетных секторов экономики Узбекистана и играет ключевую роль в занятости населения. Особенностью сельского хозяйства является чрезвычайно высокая зависимость от искусственного орошения. Орошаемое земледелие потребляет порядка 90% от общего объема воды, используемой в Республике Узбекистан.

В связи с вышесказанным, в условиях изменения климата наблюдения за гидрологическими характеристиками рек приобретают особую актуальность и важность. Эти изменения оказывают воздействие на сезонные особенности распределения стока рек. Изучение и анализ тенденций изменения расходов воды в реках представляют интерес с точки зрения гидрологии, климатологии, а также водохозяйственной деятельности. Изменения водного режима рек необходимо учитывать при разработке водохозяйственных планов и мероприятий, направленных на снижение негативного влияния соответствующих явлений на экономику и население.

Изученность проблемы. Многие ученые посвящали свои научные исследования вопросам изучения [5, 6, 7, 9-15 и др.], моделирования [2, 4 и др.] и прогнозирования [1, 3, 8 и др.] стока рек. Изучению водных ресурсов Средней Азии, в частности, Узбекистана, всегда уделялось значительное внимание. Фундаментальными трудами при этом явились монография «Реки Средней Азии» В.Л. Шульца [14] и монография «Гидрологическая характеристика верхней части бассейна Амударьи» [15], написанная коллективом авторов под его руководством. В.Е. Чуб в своей монографии [11] приводит подробную характеристику водных ресурсов речных бассейнов основных рек Республики Узбекистан. Ю.М. Иванов в работе [7] приводит оценки водных ресурсов бассейна реки Чирчик. В работе [6] изложена история гидрологических исследований в Узбекистане.

В монографии Ф.Х. Хикматова [9] описываются закономерности формирования водных ресурсов горных рек в условиях изменения климата. Молодые ученые свои диссертационные работы посвящают: изучению смешения фаз водного режима рек бассейна Зеравшана в условиях изменения климата [5], оценке роли климатических факторов в формировании водных ресурсов рек бассейна Зеравшана [10], изменению гидрологического режима реки Зеравшан под влиянием антропогенных факторов [12].

Объектом исследований данной работы выбран Чирчик-Ахангаранский речной бассейн. Предмет исследования – средние месячные расходы воды по данным гидрологических постов, расположенных на реках Чирчик-Ахангаранского речного бассейна.

Цель и задачи исследования. Целью исследования данной работы является выявление тенденций изменения во времени средних месячных расходов воды двух климатических периодов: базового (1961-1990 гг.) и текущего (1991-2021 гг.) по данным гидрологических постов, расположенных на реках Чирчик-Ахангаранского речного бассейна. Для достижения цели исследования поставлены следующие задачи:

– сформировать архив многолетних данных средних месячных расходов воды по данным гидрологических постов, расположенных на реках Чирчик-Ахангаранского речного бассейна;

– выполнить статистический анализ и анализ линейных трендов временных рядов средних месячных расходов воды двух климатических периодов;

– выявить тенденции изменения во времени средних месячных расходов воды.

Материалы и методы. В качестве исходной информации для проведения исследований послужили ряды данных средних месячных расходов воды за исторический период наблюдений по данным гидрологических постов, расположенных

на реках Чирчик-Ахангаранского речного бассейна. Для проведения исследований, как показано в таблице 1, выбраны 9 гидрологических постов с достаточно длинными и полными многолетними рядами наблюдений.

Таблица 1

Сведения о гидрологических постах, расположенных на реках Чирчик-Ахангаранского речного бассейна

№	Река (пост)	Период лет наблюдения
1	р. Акташсай (курорт Акташ)	1947-2021
2	р. Ахангаран (село Солдатское)	1964-2021
3	р. Ахангаран (устье реки Ирташ)	1970-2021
4	р. Майдантал (гп. Устье)	1935-2021
5	р. Пскем (село Муллала)	1932-2021
6	р. Угам (село Ходжикент)	1932-2021
7	р. Чаткал (выше устья реки Худайдодсай)	1932-2021
8	р. Чимгансай (курорт Чимган)	1963-2021
9	р. Янгикурган (кишлак Янгикурган)	1971-2021

Таблица составлена авторами.

Методы исследований – математико-статистические методы. Построение графиков и статистическая обработка данных выполнены при помощи пакета программного обеспечения MS EXCEL.

Результаты и их обсуждение. Анализ изменения средних месячных расходов воды выполнен на основе рассчитанных линейных трендов в рядах наблюдений. Для получения оценок современного изменения стока рек расчеты трендов выполнены для базового и текущего климатических периодов. Ниже, в качестве примера, представлен график межгодового хода средних годовых расходов воды по данным р. Майдантал (гп. Устье) (см. рис. 1). В таблице 2 приведены линейные тренды расходов воды двух климатических периодов по данным выбранных гидрологических постов.

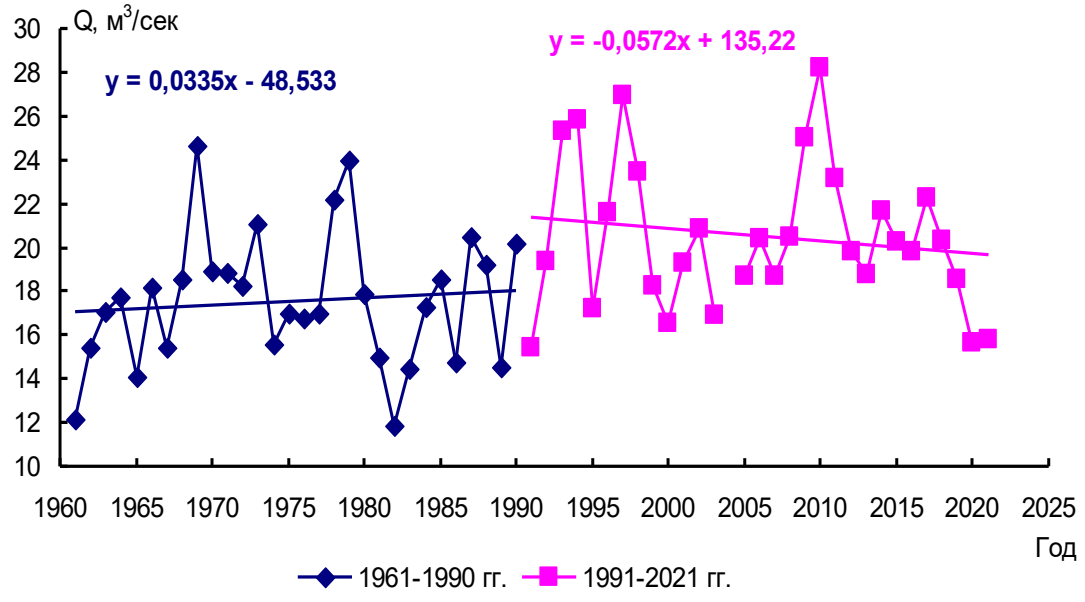


Рис. 1. Многолетняя динамика средних годовых расходов воды р. Майдантал (гп. Устье) двух климатических периодов: базового и текущего

Рисунок составлен авторами.

Таблица 2

Линейные тренды расходов воды двух климатических периодов, ($м^3$/сек)/год

Река (пост)	Период	Год	Весна	Лето	Май-сентябрь
р. Акташсай (к. Акташ)	1961-1990	-0,0032	-0,0059	-0,0038	-0,0037
	1991-2021	-0,0053	-0,0120	-0,0050	-0,0061
р. Ахангаран (с. Солдатское)	1964-1990	0,0886	0,3224	-0,2296	-0,1515
	1991-2021	-0,4960	-1,3723	-0,5140	-0,7872
р. Ахангаран (у. р. Ирташ)	1970-1990	-0,0303	-0,4252	0,2651	-0,0197
	1991-2021	-0,1745	-0,1166	-0,4961	-0,3892
р. Майдантал (гп. Устье)	1961-1990	0,0335	0,0351	0,1243	0,0971
	1991-2021	-0,0572	0,2117	-0,3510	-0,1906
р. Пскем (с. Муллала)	1961-1990	-0,3430	-0,4719	-0,2953	-0,3007
	1991-2021	-0,5890	-0,0314	-1,7708	-1,2429
р. Угам (с. Ходжикент)	1961-1990	0,0281	0,0763	0,0169	0,0793
	1991-2021	-0,2077	-0,2214	-0,3634	-0,3549
р. Чаткал (в. у. р. Худайдодсай)	1961-1990	-0,5361	-0,3954	-1,1001	-0,7988
	1991-2021	0,4584	1,7047	-0,4524	0,2316
р. Чимгансай (к. Чимган)	1961-1990	0,0031	0,0069	0,0005	0,0018
	1991-2021	-0,0009	-0,0074	-0,0063	-0,0077
Янгикурган (к. Янгикурган)	1971-1990	0,0032	0,0051	0,0046	0,0058
	1991-2021	-0,0111	-0,0196	-0,0157	-0,0154

Таблица составлена авторами.

Как показал проведенный анализ, в текущем климатическом периоде, по данным р. Чаткал (в.у.р. Худайдодсай), наблюдается тенденция роста средних расходов воды за год, за весну и за теплый период (май-сентябрь). По данным р. Майдантал (гп. Устье) наблюдается тенденция роста только средних за весну расходов воды. По данным остальных рассматриваемых гидрологических постов в текущем климатическом периоде наблюдается тенденция уменьшения средних расходов воды за год, за весну, за лето и за теплый период (май-сентябрь).

Как пример, статистические характеристики средних месячных расходов воды базового и текущего климатических периодов по данным р. Майдантал (гп. Устье) приведены в таблице 3.

Таблица 3

Статистические характеристики средних месячных расходов воды базового и текущего климатических периодов по данным р. Майдантал (гп. Устье)

Месяцы	1961-1990 г.г. (базовый период)			1991-2021 г.г. (текущий период)		
	Миним.	Средние	Максим.	Миним.	Средние	Максим.
Январь	3,19	4,72	7,90	3,49	5,86	12,60
Февраль	2,50	4,25	8,59	3,32	5,26	8,90
Март	2,99	4,30	6,78	3,34	5,68	9,82
Апрель	5,85	10,51	15,60	7,60	14,47	27,80
Май	16,70	27,43	38,60	18,90	37,16	70,50
Июнь	22,60	50,91	77,60	35,80	60,03	86,90
Июль	22,20	45,29	73,80	26,50	49,08	81,50
Август	19,50	29,27	43,50	19,10	29,12	41,60
Сентябрь	9,83	14,24	23,50	8,96	15,83	27,80
Октябрь	5,44	8,13	14,90	4,47	9,51	14,40
Ноябрь	4,45	6,38	11,80	3,21	7,34	10,90
Декабрь	3,99	5,45	8,14	2,72	6,29	9,98
Год	11,89	17,57	24,63	13,11	20,44	28,18
Октябрь-апрель (холодный период)	4,79	6,24	9,29	5,04	7,79	11,92

Продолжение табл. 3

Май-сентябрь (теплый период)	20,04	33,43	47,72	23,36	38,21	53,50
Зима	3,40	4,80	8,05	3,37	5,81	9,89
Весна	9,55	14,08	18,89	10,54	19,02	36,02
Лето	22,13	41,82	62,90	27,87	46,08	66,67
Осень	7,45	9,58	16,73	5,55	10,90	16,03

В базовом климатическом периоде максимальные средние годовые расходы воды на реках: Ахангаран (с. Солдатское), Ахангаран (у.р. Ирташ), Чимгансай (к. Чимган) наблюдались в 1979 г.; на р. Янгикурган (к. Янгикурган) – в 1987 г., а на остальных 5 реках из таблицы 1 в – 1969 г. Минимальные средние годовые расходы воды на реках: Ахангаран (с. Солдатское), Янгикурган (к. Янгикурган), Ахангаран (у.р. Ирташ), Угам (с. Ходжикент) наблюдались в 1974 г., на реках: Майдантал (гп. Устье), Пскем (с. Муллала), Чаткал (в.у.р. Худайдодсай) – в 1982 г., а на р. Акташсай (к. Акташ) и р. Чимгансай (к. Чимган) – в 1986 г. и в 1965 г. соответственно.

В текущем климатическом периоде максимальные средние годовые расходы воды на реках: Ахангаран (с. Солдатское), Чимгансай (к. Чимган) наблюдались в 1993 г.; на реках: Янгикурган (к. Янгикурган), Ахангаран (у.р. Ирташ) – в 1994 г.; на реках: Угам (с. Ходжикент), Чаткал (в.у.р. Худайдодсай) – в 2017 г.; на р. Майдантал (гп. Устье) – в 2010 г.; на р. Акташсай (к. Акташ) и р. Пскем (с. Муллала) – в 2005 г. и 2002 г. соответственно. Минимальные средние годовые расходы воды на реках Ахангаран (с. Солдатское), Угам (с. Ходжикент), Чаткал (в.у.р. Худайдодсай) наблюдались в 2021 г.; на реках: Ахангаран (у.р. Ирташ), Чимгансай (к. Чимган) – в 2011 г.; на р. Янгикурган (к. Янгикурган) – в 2008 г., на р. Актащсай (к. Акташ) – в 2018 г., на р. Майдантал (гп. Устье) и на р. Пскем (с. Муллала) – в 2020 г.

За текущий климатический период средний годовой сток от стока базового периода составил:

– р. Акташсай (к. Акташ) 105% (0,382 $м^3/с$ от 0,365 $м^3/с$);
– р. Ахангаран (с. Солдатское) 118% (31,22 $м^3/с$ от 26,37 $м^3/с$);
– р. Ахангаран (у.р. Ирташ) 118% (21,39 $м^3/с$ от 18,08 $м^3/с$);
– р. Майдантал (гп. Устье) 116% (20,44 $м^3/с$ от 17,57 $м^3/с$);
– р. Пскем (с. Муллала) 93% (72,49 $м^3/с$ от 78,01 $м^3/с$);
– р. Угам (с. Ходжикент) 113% (24,04 $м^3/с$ от 21,07 $м^3/с$);
– р. Чаткал (выше у.р. Худайдодсай) 116% (121,01 $м^3/с$ от 104,69 $м^3/с$);
– р. Чимгансай (к. Чимган) 119% (0,319 $м^3/с$ от 0,269 $м^3/с$);
– р. Янгикурган (к. Янгикурган) 99% (0,628 $м^3/с$ от 0,637 $м^3/с$).

Из вышеприведенного следует, что средний годовой сток текущего климатического периода по сравнению с базовым периодом в основном увеличился. Только на р. Пскем (с. Муллала) уменьшился на 7%, а на р. Янгикурган (к. Янгикурган) почти не изменился.

Ниже (см. рис. 2) представлен график разностей средних месячных и годовых расходов воды за 1991-2021 гг. относительно средних месячных расходов воды за 1961-1990 гг.

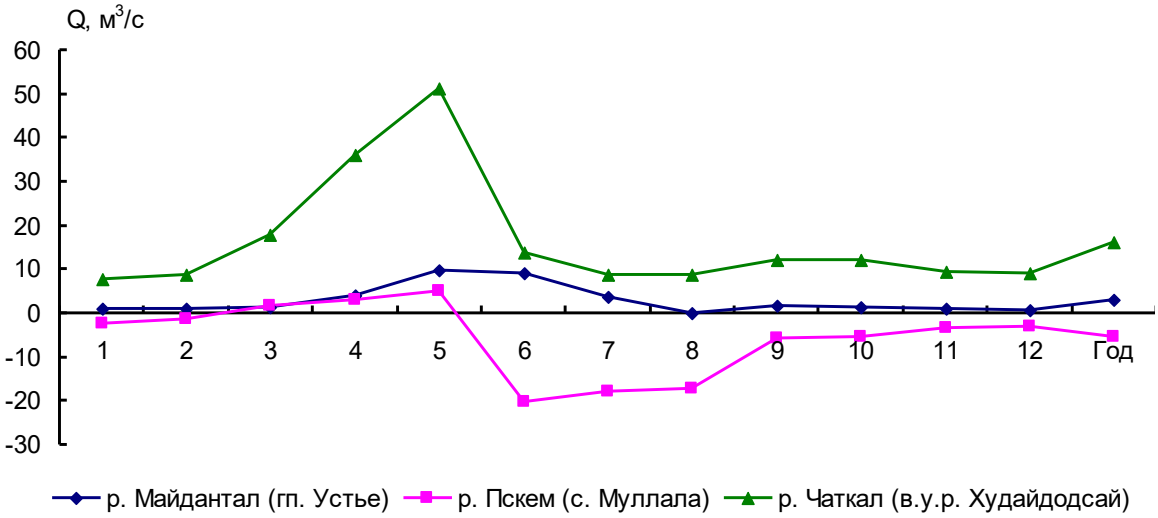


Рис. 2. Разность средних месячных расходов воды за 1991-2021 гг. относительно климатической нормы

Рисунок составлен авторами.

Как видно из приведенных графиков и графиков, полученных по данным гидрологических постов, рассматриваемых в данной статье, в текущем климатическом периоде по сравнению с базовым периодом наблюдается:

– увеличение средних месячных расходов воды на р. Майдантал (гп. Устье), особенно в весенне-летние месяцы с апреля по июль;

– увеличение средних месячных расходов воды на р. Пскем (с. Муллала) в весенние месяцы: март, апрель, май;

– уменьшение средних месячных расходов воды на р. Пскем (с. Муллала) осенью, зимой и летом, особенно в летние месяцы: июнь, июль, август;

– увеличение средних месячных расходов воды на реках: Чаткал (выше у.р. Худайдодсай), Угам (с. Ходжикент), Ахангаран (у.р. Ирташ) не только в весенние и летние месяцы (особенно в марте, апреле, мае, июне), но и в зимние, и осенние месяцы;

– уменьшение средних месячных расходов воды на р. Ахангаран (с. Солдатское) в сентябре и октябре;

– уменьшение средних месячных расходов воды на р. Акташсай (к. Акташ) с апреля по август и в октябре;

– уменьшение средних месячных расходов воды на р. Чимгансай (к. Чимган), начиная с апреля по июль включительно:

– уменьшение средних месячных расходов воды на р. Янгикурган (к. Янгикурган) в апреле и в летне-осенний период с июня по октябрь.

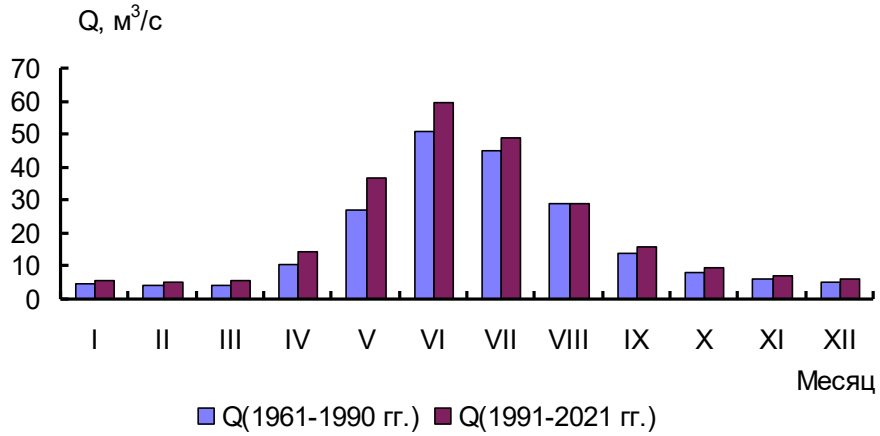


Рис. 3. Средние месячные расходы воды р. Майдантал (гп. Устье) двух климатических периодов: базового и текущего

Рисунок составлен авторами.

Внутригодовое изменение осредненных за базовый и текущий климатические периоды средних месячных расходов воды по данным р. Майдантал (гп. Устье) представлено на рисунке 3.

Можно сказать, что средние месячные расходы воды по данным р. Майдантал (гп. Устье) достигают своего наибольшего значения в июне вне зависимости от климатического периода. Аналогично в июне достигают наибольшего значения средние месячные расходы воды р. Пскем (с. Муллала) и р. Чаткал (в.у.р. Худайдодсай). В мае наибольшего значения достигают средние месячные расходы воды по данным р. Янгикурган (к. Янгикурган), р. Ахангаран (у.р. Ирташ), р. Угам (с. Ходжикент), р. Чимгансай (к. Чимган), в апреле – р. Ахангаран (с. Солдатское), р. Акташсай (к. Акташ). Как выяснилось, осредненные за базовый и текущий климатические периоды средние месячные расходы воды достигают своего наибольшего значения в одни и те же месяцы, а именно, или в апреле, или в мае, или в июне в зависимости от расположения гидрологических постов, но вне зависимости от климатического периода.

Внутригодовое распределение средних месячных расходов воды в маловодные, средние по водности и многоводные годы представлено на рисунках 4-9.

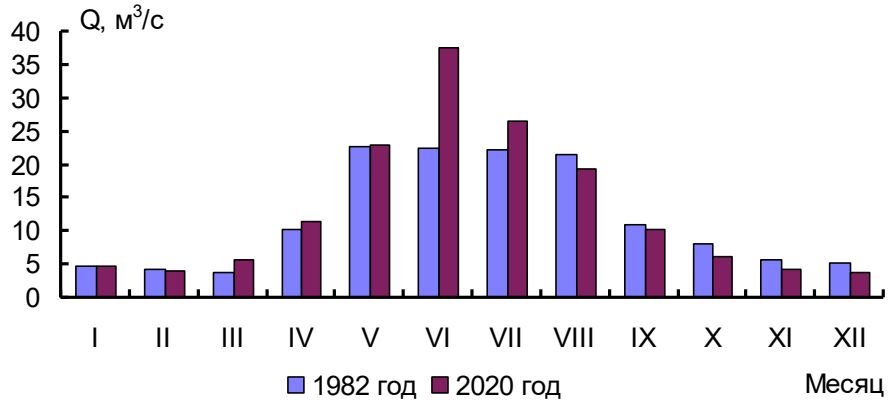


Рис. 4. Внутригодовое распределение средних месячных расходов воды р. Майдантал (гп. Устье) в маловодные годы двух климатических периодов: базового и текущего

Рисунок составлен авторами.

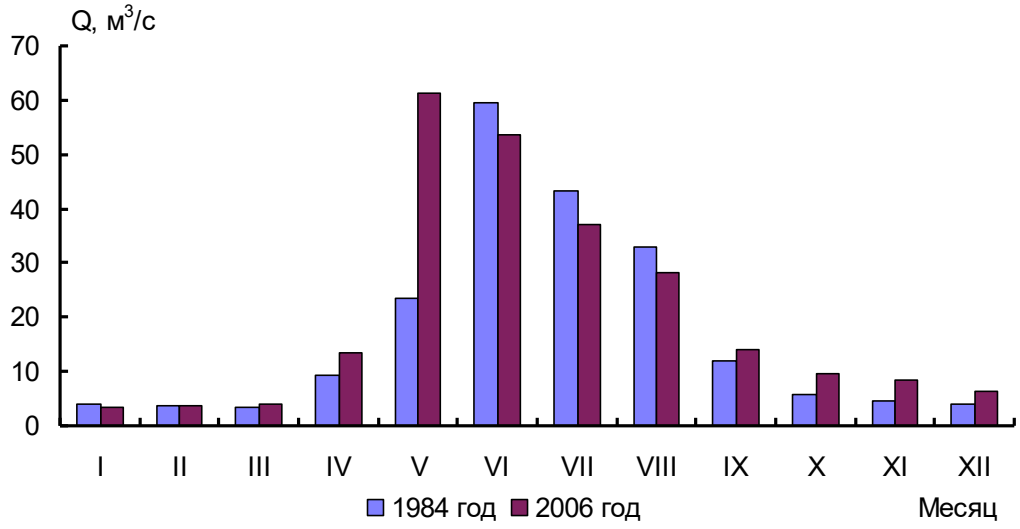


Рис. 5. Внутригодовое распределение средних месячных расходов воды р. Майдантал (гп. Устье) в средние по водности годы двух климатических периодов: базового и текущего

Рисунок составлен авторами.

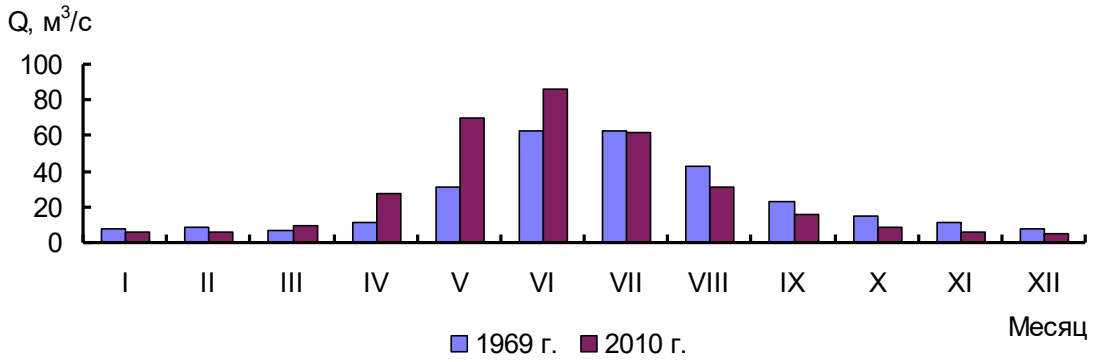


Рис. 6. Внутригодовое распределение средних месячных расходов воды р. Майдантал (гп. Устье) в многоводные годы двух климатических периодов: базового и текущего
Рисунок составлен авторами.

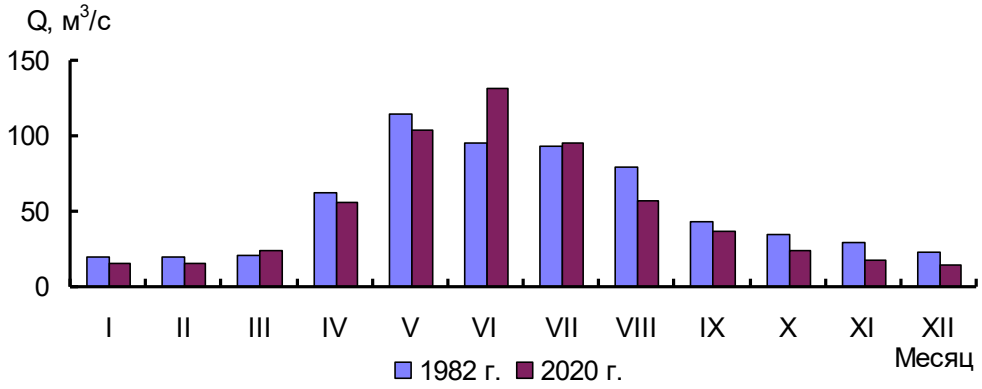


Рис. 7. Внутригодовое распределение средних месячных расходов воды р. Пскем (с. Муллала) в маловодные годы двух климатических периодов: базового и текущего
Рисунок составлен авторами.

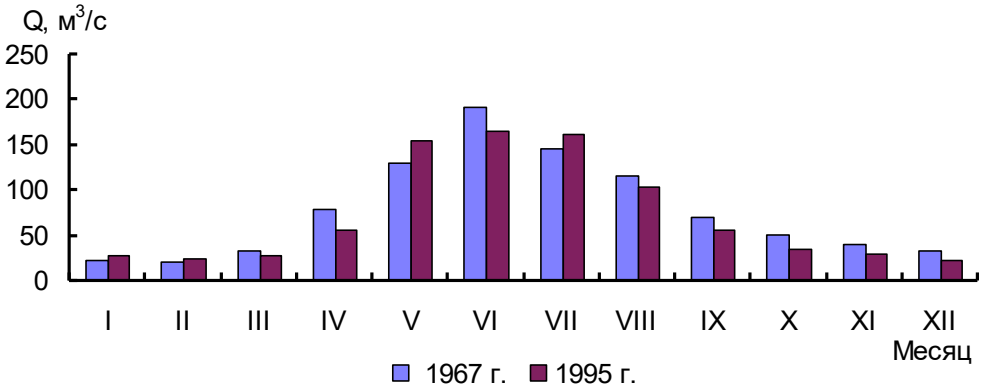


Рис. 8. Внутригодовое распределение средних месячных расходов воды р. Пскем (с. Муллала) в средние по водности годы двух климатических периодов: базового и текущего
Рисунок составлен авторами.

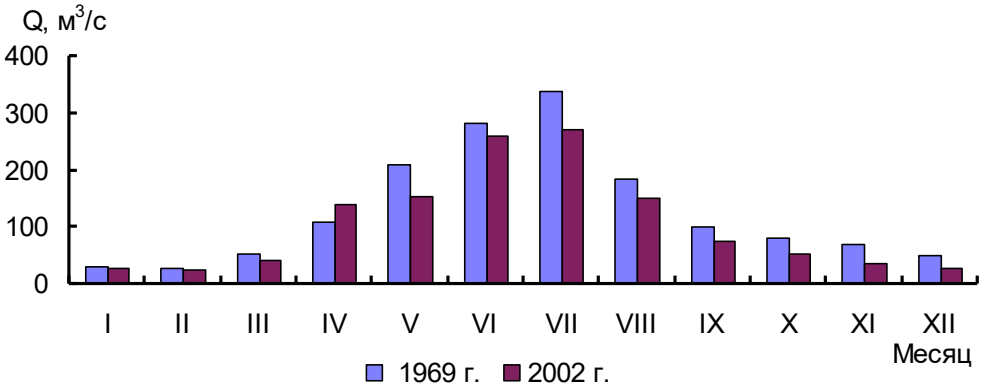


Рис. 9. Внутригодовое распределение средних месячных расходов воды р. Пскем (с. Муллала) в многоводные годы двух климатических периодов: базового и текущего

Рисунок составлен авторами.

В результате анализа графиков, представленных на рисунках 4-9 и аналогичных графиков, построенных по данным о расходах воды на гидрологических постах, рассматриваемых в данной статье получено:

1. В маловодные годы максимальные расходы воды текущего климатического периода по сравнению с базовым периодом наблюдаются на:

– р. Ахангаран (с. Солдатское) в марте, р. Янгикурган (к. Янгикурган) в апреле, р. Ахангаран (у.р. Ирташ) в апреле, р. Акташсай (к. Акташ) в марте, р. Чимгансай (к. Чимган) в феврале, т.е. раньше на 5 месяцев, 1 месяц, 1 месяц, 1 месяц, 3 месяца соответственно;

– р. Майдантал (гп. Устье) (см. рис. 4), р. Пскем (с. Муллала) в июне (см. рис. 7), т. е. позже на 1 месяц;

– р. Угам (с. Ходжикент), р. Чаткал (в.у.р. Худайдодсай) в одни и те же месяцы, а именно в мае.

2. В средние по водности годы максимальные расходы воды текущего климатического периода по сравнению с базовым периодом наблюдаются на:

– р. Ахангаран (с. Солдатское) в апреле, р. Майдантал (гп. Устье) в мае (см. рис. 5), р. Угам (с. Ходжикент) в апреле, р. Чимгансай (к. Чимган) в апреле, р. Чаткал (в.у.р. Худайдодсай) в мае, т. е. на 1 месяц раньше;

– р. Янгикурган (к. Янгикурган) в мае, т.е. на 1 месяц позже;

– р. Акташсай (к. Акташ), р. Ахангаран (у.р. Ирташ), р. Пскем (с. Муллала) (см. рис. 8) в одни и те же месяцы в апреле, в мае и в июне соответственно.

3. В многоводные годы максимальные расходы воды текущего климатического периода по сравнению с базовым периодом наблюдаются на:

– р. Ахангаран (с. Солдатское) в мае, р. Угам (с. Ходжикент) в августе, р. Чимгансай (к. Чимган) в мае, т.е. позже на 1 месяц, на 4 месяца, на 1 месяц соответственно.

– р. Акташсай (к. Акташ) в марте, р. Майдантал (гп. Устье) в июне (см. рис. 6), р. Чаткал (в.у.р. Худайдодсай) в мае, т.е. на 1 месяц раньше;

– Янгикурган (к. Янгикурган) в мае, р. Ахангаран (у.р. Ирташ) в мае, р. Пскем (с. Муллала) в июле (см. рис. 9), т.е. в одни и те же месяцы.

Итак, по данным рассматриваемых гидрологических постов, максимальные расходы воды вне зависимости от водности года наблюдаются преимущественно в мае в обоих климатических периодах (базовый климатический период 13 случаев из 27, текущий климатический период 11 случаев из 27).

Средние многолетние расходы воды за год, за весну, за лето, за май-сентябрь в текущем климатическом периоде по сравнению с базовым периодом по данным р. Ахангаран (с. Солдатское), р. Ахангаран (у.р. Ирташ), р. Майдантал (гп. Устье), р. Угам

(с. Ходжикент), р. Чаткал (в.у.р. Худайдодсай), увеличились (см. табл. 4). По данным р. Пскем (с. Муллала), р. Янгикурган (к. Янгикурган) наблюдается увеличение только средних за весну расходов воды. По данным р. Акташсай (к. Акташ), р. Чимгансай (к. Чимган) происходит увеличение средних за год и за весну расходов воды.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что по данным всех рассматриваемых гидрологических постов наблюдается увеличение средних за весну расходов воды текущего климатического периода по сравнению с базовым.

Таблица 4

Средние многолетние расходы воды двух климатических периодов, ($м^3$/сек)

Река (пост)	Период	Год	Весна	Лето	Май-сентябрь
р. Акташсай (курорт Акташ)	1961-1990	0,36	0,85	0,22	0,29
	1991-2021	0,38	0,87	0,21	0,28
	Разность	0,02	0,02	-0,01	-0,01
р. Ахангаран (с. Солдатское)	1964-1990	26,4	55,4	15,1	22,8
	1991-2021	31,2	61,8	18,1	24,7
	Разность	4,8	6,4	3,0	1,9
р. Ахангаран (у. р. Ирташ)	1970-1990	18,1	43,7	19,6	25,5
	1991-2021	21,4	52,2	23,5	30,1
	Разность	3,3	8,5	3,9	4,6
р. Майдантал (гп. Устье)	1961-1990	17,6	14,1	41,8	33,4
	1991-2021	20,4	19,0	46,1	38,2
	Разность	2,8	4,9	4,3	4,8
р. Пскем (гп. Муллала)	1961-1990	78,0	77,0	164,7	121,5
	1991-2021	72,5	80,3	146,3	111,4
	Разность	-5,5	3,3	-18,4	-10,1
р. Угам (село Ходжикент)	1961-1990	21,3	37,2	29,6	29,4
	1991-2021	24,0	44,7	31,8	33,0
	Разность	2,7	7,5	2,2	3,6
р. Чаткал (выше устья реки Худайдодсай)	1961-1990	104,7	131,8	201,6	179,2
	1991-2021	121,0	166,8	212,0	198,2
	Разность	16,3	35,0	10,4	19,0
р. Чимгансай (курорт Чимган)	1964-1990	0,269	0,463	0,324	0,352
	1991-2021	0,319	0,464	0,316	0,338
	Разность	0,050	0,001	-0,008	-0,014
р. Янгикурган (к. Янгикурган)	1971-1990	0,637	1,152	0,769	0,829
	1991-2021	0,628	1,216	0,656	0,746
	Разность	-0,009	0,064	-0,1113	-0,083

Таблица составлена авторами.

Экстремальные расходы воды двух климатических периодов за год, весну, лето, май-сентябрь приведены в таблице 5. Как видно в текущем климатическом периоде по сравнению с базовым:

– р. Акташсай (к. Акташ) – уменьшились максимальные расходы воды за год, лето, май-сентябрь;

– р. Ахангаран (с. Солдатское) – уменьшились и минимальные, и максимальные расходы воды за лето;

– р. Пскем (с. Муллала) – уменьшились минимальные расходы воды за год, май-сентябрь, а также максимальные за год, весну, лето, май-сентябрь;

– р. Чаткал (в.у.р. Худайдодсай) – уменьшились максимальные расходы воды за год, лето, май-сентябрь;

– р. Чимгансай (к. Чимган) – уменьшились максимальные расходы воды за год и за лето:

– р. Янгикурган (к. Янгикурган) – уменьшились и максимальные расходы воды за лето, за май-сентябрь, и минимальные расходы воды за год, весну, лето, май-сентябрь.

Таблица 5

Экстремальные расходы воды (м^3/сек)

Река (пост)	Расходы воды	Период	Год	Весна	Лето	Май-сентябрь
р. Акташсай (к. Акташ)	Минимальные	1961-1990	0,14	0,24	0,05	0,07
		1991-2021	0,16	0,31	0,05	0,07
		Разность	0,02	0,07	0,0	0,0
	Максимальные	1961-1990	0,82	1,96	0,62	0,80
		1991-2021	0,71	2,05	0,39	0,50
		Разность	-0,11	0,09	-0,23	-0,30
р. Ахангаран (с. Солдатское)	Минимальные	1964-1990	5,1	3,0	1,8	1,8
		1991-2021	6,5	5,6	1,6	2,1
		Разность	1,4	2,6	-0,2	0,3
	Максимальные	1964-1990	52,6	141,6	64,7	57,2
		1991-2021	63,4	142,6	48,4	71,2
		Разность	10,8	1,0	-16,3	14,0
р. Ахангаран (у.р. Ирташ)	Минимальные	1970-1990	9,3	22,2	5,6	10,7
		1991-2021	11,6	30,4	7,0	11,4
		Разность	2,3	8,2	1,4	0,7
	Максимальные	1970-1990	30,2	70,6	39,8	45,4
		1991-2021	35,6	84,0	40,3	51,5
		Разность	5,4	13,4	0,5	6,1
р. Майдантал (гп. Устье)	Минимальные	1961-1990	11,9	9,6	22,1	20,0
		1991-2021	13,1	10,5	27,9	23,4
		Разность	1,2	0,9	5,1	3,4
	Максимальные	1961-1990	24,6	18,9	62,9	47,7
		1991-2021	28,2	36,0	66,7	53,5
		Разность	3,6	17,1	3,8	5,8
р. Пскем (с. Муллала)	Минимальные	1961-1990	53,3	45,9	89,5	85,4
		1991-2021	49,7	50,3	91,8	85,3
		Разность	-3,6	4,4	2,3	-0,1
	Максимальные	1961-1990	128,0	124,0	268,3	223,2
		1991-2021	105,4	113,0	227,7	188,3
		Разность	-22,6	-11,0	-40,6	-34,9
р. Угам (с. Ходжикент)	Минимальные	1961-1990	14,3	21,4	16,7	18,1
		1991-2021	14,3	27,6	16,2	18,3
		Разность	0,0	6,2	-0,5	0,2
	Максимальные	1961-1990	35,3	56,2	58,7	43,1
		1991-2021	36,9	68,7	65,3	56,5
		Разность	1,6	12,5	6,6	13,4
р. Чаткал (в.у.р. Худайдодсай)	Минимальные	1961-1990	61,9	70,5	85,0	89,8
		1991-2021	78,0	88,9	113,6	123,6
		Разность	16,1	18,4	28,6	33,8
	Максимальные	1961-1990	229,0	288,4	483,0	428,8
		1991-2021	203,9	297,7	359,7	352,8
		Разность	-25,1	9,3	-123,3	-76,0
р. Чимгансай (к. Чимган)	Минимальные	1961-1990	0,089	0,089	0,107	0,104
		1991-2021	0,194	0,180	0,115	0,126
		Разность	0,105	0,091	0,008	0,022
	Максимальные	1961-1990	0,538	1,143	0,590	0,652
		1991-2021	0,517	1,005	0,737	0,802
		Разность	-0,021	-0,138	0,147	0,15
р. Янгикурган (к. Янгикурган)	Минимальные	1971-1990	0,310	0,553	0,287	0,356
		1991-2021	0,173	0,277	0,083	0,110
		Разность	-0,137	-0,276	-0,204	-0,246

	Максимальные	1971-1990	1,131	2,170	1,650	1,632
		1991-2021	1,137	2,237	1,483	1,548
		Разность	0,006	0,067	-0,167	-0,084

Таблица составлена авторами.

Итак, по данным шести гидрологических постов на реках: Акташ (к. Акташ), Ахангаран (с. Солдатское), Пскем (с. Муллала), Чаткал (в.у.р. Худайдодсай), Чимгансай (к. Чимган), Янгикурган (к. Янгикурган), летом наблюдается уменьшение максимальных расходов воды текущего климатического периода по сравнению с базовым климатическом периодом.

Выводы. Данная работа посвящена выявлению тенденций изменения во времени средних месячных расходов воды по данным 9 гидрологических постов, расположенных на реках Чирчик-Ахангаранского бассейна.

Как результат выполненных исследований следует отметить увеличение средних за весну расходов воды текущего климатического периода по сравнению с базовым периодом. Однако, тенденция роста средних за весну расходов воды текущего климатического периода по сравнению с базовым наблюдается только на р. Чаткал (выше устья реки Худайдодсай) и на р. Майдантал (гп. Устье).

Средний годовой сток, по данным рассматриваемых гидрологических постов, текущего климатического периода по сравнению с базовым периодом в основном увеличился. Однако, на р. Пскем (с. Муллала) уменьшился на 7%, а на р. Янгикурган (к. Янгикурган) почти не изменился.

По данным шести гидрологических постов на реках: Акташ (к. Акташ), Ахангаран (с. Солдатское), р. Пскем (с. Муллала), р. Чаткал (в.у.р. Худайдодсай), р. Чимгансай (к. Чимган), р. Янгикурган (к. Янгикурган), летом наблюдается уменьшение максимальных расходов воды текущего климатического периода по сравнению с базовым климатическом периодом.

Максимальные расходы воды вне зависимости от водности года и климатического периода наблюдаются в основном в мае.

Осредненные за базовый и текущий климатические периоды средние месячные расходы воды достигают своего наибольшего значения в одни и те же месяцы, а именно или в апреле, или в мае, или в июне в зависимости от расположения гидрологических постов, но вне зависимости от климатического периода.

Использованная литература:

1. Агальцева Н.А., Пак А.В. Автоматизированные долгосрочные прогнозы стока горных рек Средней Азии // Вопросы кибернетики. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. 1994. Вып. 150. С. 112-123.

2. Боровикова Л.Н., Денисов Ю.М., Трофимова Е.Б., Шенцис И.Д. Математическое моделирование процесса стока горных рек // Труды САРНИГМИ. 1972. Вып. 81 (76). 152 с.

3. Денисов Ю.М., Агальцева Н.А., Пак А.В. Автоматизированные методы прогноза стока горных рек Средней Азии. Ташкент: САНИГМИ, 2000. 160 с.

4. Денисов Ю.М., Агальцева Н.А., Пак А.В. Усовершенствованный подход к построению математической модели формирования стока горных рек // Инновация-2008. Материалы Международной научно-практической конференции. Ташкент, 2008. С. 313-314.

5. Зияев Р.РСмещение фаз водного режима рек бассейна Зеравшана в условиях изменения климата: автореферат диссертации доктора философии (PhD) по геогр. наукам. Ташкент, 2021. 46 с.

6. Иванов Ю.Н. Очерк развития гидрологических исследований в Узбекистане // Труды САРНИГМИ. 1976. Вып. 39 (120). С. 77-94.

7. Иванов Ю.Н. Водные ресурсы бассейна реки Чирчик // Труды НИГМИ. 2007. Вып. 8 (253). С. 64-84.

8. Карандаева Л.М. Оценки стока реки Вахш на отдельные месяцы вегетационного периода // Труды НИГМИ. 2007. Вып.8 (253). С. 38-47.

9. Хикматов Ф.Х. Закономерности формирования водных ресурсов горных рек в условиях изменения климата. Ташкент, 2020. 228 с.

10. Хайдаров С.А. Оценка роли климатических факторов в формировании водных ресурсов рек бассейна Зеравшана: автореферат диссертации доктора философии (PhD) по геогр. наукам. Ташкент, 2018. 42 с.

11. Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. Ташкент: НИГМИ, 2007. 132 с.

12. Ширинбоев Д.Н. Изменение гидрологического режима реки Зеравшан под влиянием антропогенных факторов: автореферат диссертации доктора философии (PhD) по геогр. наукам: 11.00.03. Ташкент, 2021. 45 с.

13. Шульц В.Л. К истории гидрологических исследований в Средней Азии // Труды ТашГУ. 1964. Вып. 269. С. 3-32.

14. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1965. 564 с.

15. Шульц В.Л., Шалатова Л.И., Лукина Н.К., Видинеева Е.М. Гидрологическая характеристика верхней части бассейна Амударьи. Ташкент: Фан, 1975. 122 с.

References:

1. Agaltseva N.A., Pak A.V. (1994), Automated long-term forecasts of mountain river flow in Central Asia, *Questions of cybernetics. Automated process control systems*, vol. 150, pp. 112-123. (In Russ.).

2. Borovikova L.N., Denisov Yu.M., Trofimova E.B, Shentsis I.D. (1972), Mathematical modeling of the process of mountain river flow, *Proceedings of SARNIGMI*, vol. 81(76), 152 p. (In Russ.).

3. Denisov Yu.M., Agaltseva N.A., Pak A.V. (2000*),* Automated methods for forecasting the flow of mountain rivers in Central Asia, Tashkent, 160 p. (In Russ.).

4. Denisov Yu.M., Agaltseva N.A., Pak A.V. (2008), An improved approach to constructing a mathematical model for the formation of mountain river runoff, *Innovation-2008, International Scientific and Practical Conference*, Tashkent, pp. 313-314. (In Russ.).

5. Ziyaev R.R. (2021*), Shift of phases of the water regime of the rivers of the Zeravshan basin under conditions of climate change: abstract of diss. of Doctor of Philosophy (PhD) in geogr. sciences.* Tashkent, 46 p. (In Russ.).

6. Ivanov Yu.N. (1976), Essay on the development of hydrological research in Uzbekistan, *Proceedings of SARNIGMI*, vol. 39 (120), pp. 77-94. (In Russ.).

7. Ivanov Yu.N. (2007), Water resources of the Chirchik river basin, *Proceedings of NIGMI*, vol. 8 (253), pp. 64-84. (In Russ.).

8. Karandaeva L.M. (2007), Estimates of the flow of the Vakhsh River for individual months of the growing season, *Proceedings of NIGMI*, vol. 8 (253), pp. 38-47. (In Russ.).

9. Khikmatov F.Kh. (2020), *Patterns of formation of water resources of mountain rivers in conditions of climate change*, Tashkent, 228 p. (In Russ.).

10. Khaidarov S.A. (2018), *Assessment of the role of climatic factors in the formation of water resources of the rivers of the Zeravshan basin: abstract of diss. of Doctor of Philosophy (PhD) in geogr. sciences,* Tashkent, 42 p. (In Russ.).

11. Chub V.E. (2007), *Climate change and its impact on hydrometeorological processes, agroclimatic and water resources of the Republic of Uzbekistan*, Tashkent, 132 p. (In Russ.).

12. Shirinboev D.N. (2021), *Changes in the hydrological regime of the Zeravshan River under the influence of anthropogenic factors: abstract of diss. Doctor of Philosophy (PhD) in geogr. sciences,* Tashkent, 45 p. (In Russ.).

13. Shultz V.L. (1964), On the history of hydrological research in Central Asia, *Proceedings of Tashkent State University*, vol. 269, pp. 3-32. (In Russ.).

14. Shultz V.L. (1965), *Rivers of Central Asia*, Leningrad, 564 p. (In Russ.).

15. Shultz V.L., Shalatova L.I., Lukina N.K., Vidineeva E.M. (1975), *Hydrological characteristics of the upper part of the Amu Darya basin*, Tashkent, 122 p. (In Russ.).

Сведения об авторах:

Карандаева Лидия Михайловна – Научно-исследовательский гидрометеорологический институт (Ташкент, Узбекистан), кандидат технических наук, старший научный сотрудник. E-mail: karan.serg@rambler.ru

Карандаев Сергей Витальевич – Научно-исследовательский гидрометеорологический институт (Ташкент, Узбекистан), старший научный сотрудник. E-mail: karan.serg@rambler.ru

Information about authors:

Karandaeva Lidiya – Hydrometeorological Research Institute (Tashkent, Uzbekistan), Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher. E-mail: karan.serg@rambler.ru

Karandaev Sergey – Hydrometeorological Research Institute (Tashkent, Uzbekistan), Senior Researcher. E-mail: karan.serg@rambler.ru

Для цитирования:

Карандаева Л.М., Карандаев С.В. Анализ и сравнение среднемесячных расходов воды рек Чирчик-Ахангаранского бассейна базового и текущего климатических периодов // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2024. № 1-2. С. 28-41.

For citation:

Karandaeva L.M., Karandaev S.V. (2024), Analysis and comparison of average monthly water flow of the rivers of the Chirchik-Akhangaran basin of the base and current climate periods, *Central Asian Journal of Geographical Sciences*, No. 1-2, pp. 28-41. (In Russ.).

УДК 551.510.42 https://doi.org/10.5281/zenodo.12509720

Акимов А.Н.[1], Людчик А.М.[1], Павленко П.Н.[2], Яротов А.Е.[1], Туболев В.А.[1], Мурашко О.А.[1], Сидоркина Е.И.[1]

[1]Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы, Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь
[2]Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

ОБ УЧЕТЕ НЕЛИНЕЙНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА ОТ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ЕГО ПРЕКУРСОРОВ

Аннотация. *Ранее полученное уравнение регрессии для концентрации приземного озона в зависимости от метеоусловий и антропогенных загрязнений воздуха модифицировано для более полного учета нелинейности названной зависимости. С этой целью линейное уравнение регрессии строилось не для величины отклонения измеренной концентрации озона от ее климатической нормы, а для логарифма этого отклонения. Результаты расчетов по обеим моделям сравниваются с измеренными значениями для всех областных городов Беларуси. Сравнение показывает незначительные количественные различия, однако вариант с логарифмом предпочтительнее, поскольку исключает редкие случаи, когда уравнение регрессии приводит к отрицательным значениям концентрации озона. Предложены варианты уточнения расчетов по уравнению регрессии за счет модификации исходных предпосылок.*

Ключевые слова: *приземный зон, климатическая норма, уравнение регрессии, метеорологические условия, антропогенное загрязнение воздуха.*

Akimov A.N.[1], Lyudchik A.M.[1], Pavlenko P.N.[2], Yarotau A.E.[1], Tuboleu V.A.[1], Murashka A.A.[1], Cidorkina E.I.[1]

[1]National Ozone Monitoring Research Centre, Belarusian State University, Minsk, Belarus
[2]Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

THE PROBLEM OF ACCOUNTING FOR THE NONLINEAR DEPENDENCE OF GROUND-LEVEL OZONE FROM METEOROLOGICAL CONDITIONS AND ITS PRECURSORS

Abstract. *The previously obtained regression equation for the concentration of ground-level ozone depending on weather conditions and anthropogenic air pollution has been modified to more fully take into account the nonlinearity of this relationship. For this purpose, the linear regression equation was constructed not for the deviation of the measured ozone concentration from its climatic normal, but for the logarithm of this deviation. The calculation results for both models are compared with the measured values for all regional cities of Belarus. The comparison shows minor quantitative differences, but the logarithm variant is preferable, since it excludes rare cases when the regression equation leads to negative values of ozone concentration. Options for refining calculations using the regression equation by modifying the initial assumptions are proposed.*

Key words*: surface zone, climate norm, regression equation, meteorological conditions, anthropogenic air pollution.*

Введение и постановка проблемы. Концентрацию приземного озона можно приближенно представить в виде нелинейной функции от совокупности факторов, оказывающих влияние на озон. Это – существенное преимущество рассматриваемого случая, поскольку зависимость носит не абстрактно статистический, а вполне функциональный характер. В такой ситуации доступные физические и химические сведения о поведении приземного озона могут быть успешно использованы для аппроксимации названной функции.

Утверждение о функциональной зависимости не совсем точное, поскольку в заданную точку пространства, где происходят химические реакции, постоянно поступают (или убывают) реагенты из других областей за счет горизонтального переноса и вертикального перемешивания атмосферы. На данном этапе исследований мы не можем достаточно корректно учесть эффекты переноса в виде функциональной зависимости. Авторы приближенно их учитывают с использованием вполне логичных предположений и, разделяя исследуемые регионы, в зависимости от расположения и наличия источников антропогенных загрязнений: оксидов азота (NO_x), летучих органических соединений (ЛОС) и других. Например, в городах уровень антропогенного загрязнения воздуха, очевидно, выше, чем в сельской местности. Поэтому сильный ветер способствует очищению воздуха от таких загрязнений, а поскольку химия приземного озона на территории Беларуси в настоящее время носит NO_x-насыщенный (ЛОС-чувствительный) характер [6,12,16], ветер приносит в города повышенные концентрации озона. И совсем другая ситуация происходит в сельской местности. Очевидно, что используемый подход является приближением и должен обосновываться в каждом конкретном случае. Это обстоятельство существенно локализует его применимость. В частности, мы концентрируем внимание на городах Беларуси, где обычно концентрации приземного озона ниже, чем в сельской местности, из-за повышенного уровня антропогенных загрязнений, отрицательно влияющих на озон.

Обоснование методики ННИЦ МО для построения уравнения линейной регрессии для зависимости концентрации приземного зона от прекурсоров и метеоусловий дано в [1-4]. Основные особенности методики излагаются ниже, а далее описывается модернизированный вариант, использующий оригинальный подход к учету сильной нелинейности исследуемой зависимости, и результаты его применения.

Время (если отвлечься от весьма коротких периодов, необходимых для установления химического равновесия между реагентами) не входит в обсуждаемую функцию в явном виде, а изменение концентрации озона со временем обусловлено только зависимостью от него переменных. К сожалению, не известны полный набор определяющих концентрацию озона переменных и сама функция. Для решения проблемы, представим эту функцию в виде разложения в ряд Тэйлора:

$$O_3(x) = O_3(X) + \sum_i c_i (x_i - X_i) + (1/2)\sum_{i,j} c_{ij}(x_i - X_i)(x_j - X_j) + \ldots, \quad (1)$$

где $\{x\}$ - совокупность переменных, представляющих собой количественные оценки различных факторов, влияющих на озон, $\{X\}$ - совокупность значений переменных, соответствующих точке в многомерном пространстве, около которой осуществляется разложение. Коэффициенты c – частные производные от функции по соответствующим переменным:

$$c_i = \left(\partial O_3 / \partial x_i\right)_X, \; c_{ij} = \left(\partial^2 O_3 / \partial x_i \partial x_j\right)_X. \quad (2)$$

Если точка с координатами $\{X\}$ меняет свое положение со временем, коэффициенты $c_i, c_{ij}, \ldots$ также зависят от времени.

Чем меньше «расстояние» между $\{x\}$ и точкой $\{X\}$, тем короче может быть длина разложения (1) для удовлетворительного приближения функции $O_3(x)$. В качестве координат такой «точки отсчета» рационально выбрать значения, отвечающие средним значениям переменных $\{x\}$. Для метеорологических переменных это означает, что выбираются их климатические нормы в соответствии с общепринятым определением, как многолетних средних значений. Подразумевается, что известна их зависимость от времени суток и поры года.

Действительно, зависящая от времени t физическая характеристика атмосферы $y(t)$ может быть представлена в виде

$$y(t) = Y(t) + y'(t),$$

где $Y(t)$ - климатическая норма, $y'(t)$ - флуктуации, вызванные случайными изменениями влияющих на рассматриваемую величину других характеристик состояния атмосферы. По сути, $Y(t)$ представляет собой многолетнее среднее значение физического параметра атмосферы в зависимости от сезона и времени суток и отражает основную, наиболее существенную часть временной изменчивости этого параметра.

В качестве точки, около которой ведется разложение в ряд, удобно выбрать значения объясняющих переменных, отвечающие климатической норме «чистой атмосферы Беларуси» [1-3], а именно: для метеопараметров – их климатические нормы для г. Минска, для концентраций антропогенных загрязнений – средние значения для Березинского биосферного заповедника, весьма слабо отличающиеся от нуля. Такой подход является дальнейшим развитием предложенной в [3] концепции однородности поля приземного озона в пределах относительно небольшой по территории страны, которое подвержено местным флуктуациям из-за различий в метеорологических условиях и степени местного антропогенного загрязнения воздуха. Именно по отношению к названной норме следует оценивать наблюдаемые флуктуации концентрации приземного озона в зависимости от места наблюдений (местных метеорологических условий и концентраций других загрязнений воздуха, влияющих на озон).

В первом приближении можно ограничиться учетом членов разложения в (1) до второго порядка включительно. Это действительно первое приближение, поскольку, бесспорно, наличие взаимовлияния между отдельными переменными x_i и нелинейной зависимости концентрации приземного озона от этих переменных.

В [4] высказано предположение, что климатическая норма приземного озона соответствует средней погоде (климатическим нормам метеопараметров) и среднему уровню загрязнения воздуха прекурсорами озона в данный день года и в данное время суток в данной местности. Иными словами, предполагается, что функция $O_3[X(t)]$ совпадает с климатической нормой приземного озона.

В действительности данное предположение не совсем точно и требует более тщательного анализа. С этой целью усредним разложение (1) по совокупности многолетних измерений в заданные день года и время суток. Будем считать, что точке $\{X\}$ отвечают средние значения переменных на это же время: $X_i = \overline{x_i}$ (черта означает усреднение по заданному многолетнему набору значений). Очевидно, что левая часть выражения в результате усреднения превращается в климатическую норму приземного озона, рассчитанную на этот день года и время суток - $\overline{O_3}(t)$, а в правой части исчезает первая сумма:

$$\overline{O_3}(t) = O_3[X(t)] + (1/2)\sum_{i,j} c_{ij}(t) D_{ij}(t) + \ldots, \qquad (3)$$

где $D_{ij} = \overline{(x_i - X_i)(x_j - X_j)}$ - ковариация переменных x_i и x_j. Если переменные не коррелируют друг с другом, соответствующие члены в (3), содержащие их ковариацию, обращаются в нуль.

Таким образом, климатическая норма приземного озона $\overline{O_3}(t)$ совпадает с функцией $O_3[X(t)]$ от норм переменных с точностью до членов второго порядка малости, пропорциональных дисперсиям и ковариациям переменных. Чем сильнее нелинейность функции, тем заметнее отклонение климатической нормы озона от значения этой функции для норм переменных. Полное совпадение возможно только в случае линейной зависимости концентрации озона от переменных $\{x\}$.

Полученное соотношение позволяет заменить неизвестную функцию $O_3[X(t)]$ в (1) на климатическую норму приземного озона. Тогда для отклонения наблюденной концентрации озона от нормы можно записать

$$\Delta O_3[x(t)] = O_3[x(t)] - \overline{O_3}(t) =$$
$$= \sum_i c_i (x_i - X_i) + (1/2)\sum_{i,j} c_{ij}(x_i - X_i)(x_j - X_j) - (1/2)\sum_{i,j} c_{ij} D_{ij} + ... \quad (4)$$

Климатическая норма концентрации приземного озона для г. Минска, учитывающая сезонный и суточный ход в зависимости от сезона и времени суток определена в [1,5].

Значения производных, входящих в разложение (4), оцениваются посредством статистического анализа результатов наблюдений за концентрацией приземного озона, погодой и уровнем загрязнения воздуха в месте наблюдений. В качестве аппроксимации разложения (4) используется уравнение линейной регрессии:

$$\Delta O_3 = a_0 z_0 + \sum_{i=1}^{M} a_i z_i \,, \quad (5)$$

где ΔO_3 – отклонение концентрации приземного озона от климатической нормы, a_i – коэффициенты регрессии, z_i – объясняющие переменные, M+1 – полное число переменных.

Коэффициенты регрессии являются решением системы линейных уравнений

$$\mathbf{Da} = \mathbf{b},$$

где элементы матрицы **D** ($D_{ij} = \sum_k x_i^k x_j^k$) и вектора-столбца **b** ($b_i = \sum_k y^k x_i^k$) являются суммами по всем k результатам наблюдений.

Коэффициенты уравнения регрессии являются оценками первых и вторых производных, входящих в выражение (4), и в общем случае зависят от сезона и времени суток. Как и ранее полагаем, что основная часть сезонной и суточной изменчивости приземного озона удовлетворительно описывается поведением его климатической нормы. Поэтому коэффициенты a_i предполагаются постоянными. Возможно также определять значения коэффициентов для отдельных сезонов и таким образом учитывать сезонные особенности.

Коэффициент a_0 введен для приближенной компенсации отклонения $O_3[X(t)]$ от $\overline{O_3}(t)$, а также осредненного влияния неучтенных факторов и других причин. Соответствующая этому коэффициенту переменная введена ради унификации алгоритма расчета и на самом деле является постоянной: $z_0 \equiv 1$. Основные объясняющие переменные уравнения регрессии, использованные в исследовании, представлены в [4]. Список, очевидно, не полный – он базируется только на переменных, регистрируемых на автоматических пунктах наблюдений Национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС) Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды (Белгидромета).

Оценка качества разработанного подхода проведена для всех областных городов Беларуси, различающихся метеорологическими условиями и спецификой антропогенных загрязнений воздуха. Из дополнительных метеопараметров желательно было бы включить направление ветра, однако это параметр нелокального характера, связанный с переносом озона из других регионов, и существуют нерешенные проблемы с его корректным учетом. Альтернативным решением проблемы является рассмотрение только случаев с несильным ветром. Аналогичная ситуация с осадками, случаи которых также можно исключить из рассмотрения и анализировать отдельно.

Изученность вопроса. То, что концентрация приземного озона нелинейно зависит от прекурсоров озона и метеорологических условий, хорошо известно [9-12,15,17,18], причем степень нелинейности очень высока. В качестве доказательства

рассмотрим простейший случай химического равновесия приземного озона в присутствии только оксидов азота и солнечного света [12]:

$$[O_3]=J\,[NO_2]/(k[NO]), \quad (6)$$

где J – скорость фотолиза диоксида азота, зависящая от интенсивности солнечного излучения у поверхности земли, k - скорость реакции оксида азота с озоном, которая, в свою очередь, экспоненциально зависит от температуры воздуха (квадратные скобки означают концентрацию заключенного в них соединения).

Очевидно, что линейная регрессия является простейшим и самым примитивным подходом к изучению с помощью уравнении регрессии зависимостей между объясняемой и объясняющими переменными в отсутствие дополнительной физической и химической информации об особенностях их взаимодействия. В частности, об этом прямо говорится в обзоре статистических подходов к исследованию изменчивости озона в тропосфере [17]: «Все модели, базирующиеся на линейной регрессии, подвержены критике, поскольку лежащие в основе изучаемого явления химические и физические процессы, к сожалению, не являются линейными и аддитивными». И еще: «… идеальная статистическая методика должна учитывать природу процесса, то есть руководствоваться пониманием лежащих в его основе физических механизмов».

В цитируемом обзоре анализируются различные предложенные подходы к решению этой задачи. Отвлекаясь от новых весьма универсальных методов, таких как, например, нейронные сети, не использующие дополнительные физические и химические знания об изучаемых процессах, сконцентрируемся на решениях, связанных с модификацией уравнения регрессии. В частности, в названном обзоре упоминаются подходы с использованием уравнения линейной регрессии не для самой объясняющей переменной, а для ее квадратного корня или логарифма. В отношении последнего варианта можно привести физическое обоснование, ссылаясь на приведенное выше соотношение. Именно построение уравнения регрессии для логарифма концентрации приземного озона довольно популярно и используется во многих публикациях (см., например, [7,8]). Действительно, если взять логарифм выражения (6), получим

$$\ln([O_3])=\ln(J)+\ln([NO_2])-\ln(k)-\ln([NO]), \quad (7)$$

и модифицированное уравнение начинает линейно зависеть от логарифмов концентраций оксида и диоксида азота, скорости фотолиза и скорости реакции озона с оксидом азота. Кстати, логарифм скорости упомянутой реакции, экспоненциально зависящей от температуры, зависит от нее уже практически линейно с учетом того, что в показатель экспоненты входит абсолютная температура, а не выраженная в градусах Цельсия.

Соотношение (7) чрезвычайно упрощено и не учитывает множества других факторов, влияющих на озон, а также реально существующее их взаимовлияние. Однако достигнутый прогресс в линеаризации весьма сложной зависимости позволяет надеяться на существенное улучшение аппроксимации зависимости приземного озона от метеоусловий и его прекурсоров.

В публикациях, цитируемых в обзоре, имеются существенные различия в причинах применения в качестве объясняемой переменной логарифма концентрации озона, а не непосредственно его концентрации. Так, в [7] авторы обсуждают необходимость четкого разделения различных масштабов движения, определяющих поведение временных рядов озона, а именно: краткосрочные изменения (связанные с погодой), сезонные изменения (вызванные изменением поступающей солнечной энергии) и долгосрочные тенденции (связанные с изменением климата). Такая процедура обеспечит лучшее понимание основных физических процессов, которые влияют на

уровни озона в окружающей среде. Пространственная и временная информация в данных временных рядов озона, неясная до разделения, впоследствии четко проявляется после осуществления такой процедуры. Однако упомянутое разделение удается осуществить только в случае его применения к логарифму измеренных концентраций озона, а не непосредственно к ним [7].

В [8] преобразование объясняемой переменной - концентрации приземного озона к логарифмическому масштабу - согласуется с требованием приведения сравнения расчетов с помощью уравнения регрессии с ежедневными наблюдениями за максимальными среднечасовыми значениями озона в соответствие с условиями применимости множественной линейной регрессии: данные должны быть нормально распределены. Названное преобразование способствует решению поставленной задачи.

На рис. 1 в качестве наглядного примера, иллюстрирующего изменения в исходных данных после их логарифмирования, приведены результаты измерений концентрации приземного озона в марте 2019 г. на пункте 06 г. Могилева. Рисунок демонстрирует существенное сокращение динамического диапазона изменения объясняемой переменной при переходе к логарифмам ее значений.

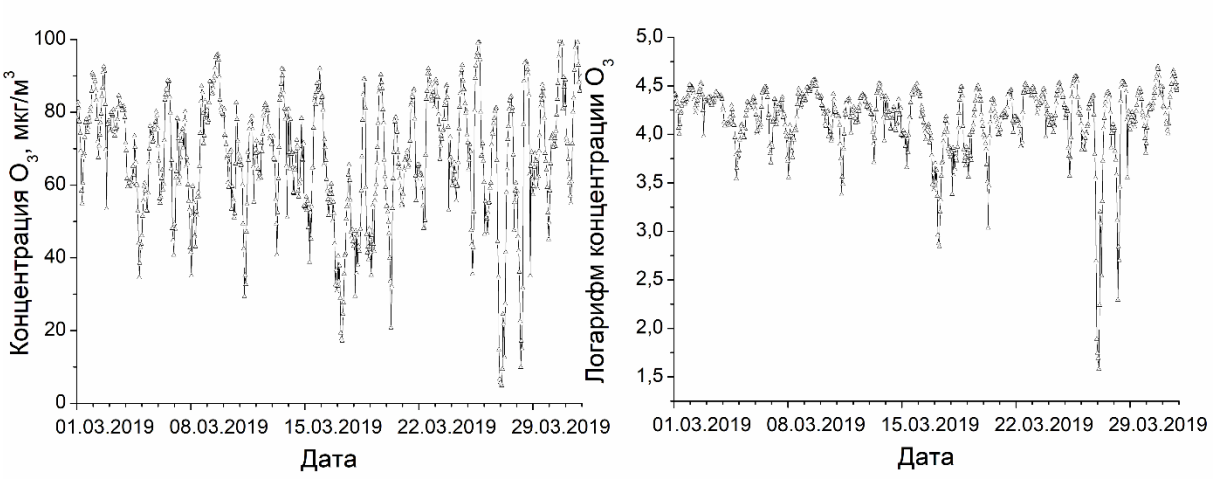


Рис. 1. Концентрации приземного озона, зарегистрированные в марте 2019 г. на пункте 06 г. Могилева, и их логарифмы

Цель и задачи работы. Целью работы является модификация ранее полученного уравнения регрессии для концентрации приземного озона в зависимости от метеоусловий и антропогенных загрязнений воздуха для более полного учета нелинейности названной зависимости. В связи с этим была поставлена задача построить линейное уравнение регрессии не для величины отклонения измеренной концентрации озона от ее климатической нормы, а для логарифма этого отклонения, а также сравнить результаты расчетов по обеим моделям с измеренными значениями для всех областных городов Беларуси

Материалы и методы. В представленной работе используются исходные данные из [2]. Сравнение результатов расчетов по полученному уравнению регрессии с данными наблюдений в областных центрах Беларуси показывает удовлетворительное соответствие [2]. Об этом также свидетельствует величина доли объясненной уравнением регрессии дисперсии по отношению к дисперсии экспериментальных результатов, составляющая немногим более 60%. Тем не менее, несмотря на случаи, когда имеется вполне хорошее согласие между измеренными значениями концентрации приземного озона и расчетными данными, довольно часто выявляются существенные расхождения.

Список объясняющих переменных уравнения регрессии, учитывающий только основные переменные и их взаимные произведения, возможно недостаточен, несмотря

на предпринятые действия по выбору «точки отсчета», около которой ведется разложение. Проведенные в [2] вычислительные эксперименты показали, что добавленные переменные в виде произведений трех и четырех основных переменных, интерпретирующие члены более высоких порядков разложения Тэйлора, имеют заметный коэффициент корреляции с озоном. Сказанное следует интерпретировать как наличие существенной нелинейности в зависимости концентрации приземного озона от объясняющих переменных, что препятствует точному описанию этой зависимости разложением в ограниченный ряд Тэйлора. Более плодотворным может оказаться вариант с введением явных нелинейных зависимостей озона от переменных.

Изначально в методике ННИЦ МО уравнение регрессии использовалось для приближения не зависимости полной наблюдаемой концентрации озона $O_3(t)$ от объясняющих переменных, а зависимости от этих переменных только отклонения $\Delta O_3(t)$ от климатической нормы озона в «чистой атмосфере» региона $O_{3N}(t)$ [1]:

$$O_3(t)= O_{3N}(t) + \Delta O_3(t). \quad (8)$$

Были приведены вполне убедительные доводы в пользу такого подхода. В частности, основная часть сезонной и суточной изменчивости приземного озона удовлетворительно описывается поведением его климатической нормы, и это позволяет предположить независимость коэффициентов регрессии от сезона и времени суток. Первое предположение было подтверждено пробными расчетами в [1], допустимость второго пока не проверялась. С учетом сказанного, желательно сохранить указанные преимущества и при разработке нового подхода к построению уравнения регрессии.

В случае его применения логарифм концентрации озона есть логарифм суммы климатической нормы озона и ее отклонения от нормы:

$$\ln[O_3(t)]=\ln[O_{3N}(t)] +\ln[1+\Delta O_3(t)/ O_{3N}(t)]. \quad (9)$$

Представление логарифма концентрации озона в виде (9) допустимо, поскольку ни норма озона, ни наблюдаемая концентрация никогда не обращаются в ноль. Следовательно, $\Delta O_3(t)/O_{3N}(t)>-1$, и аргумент второго логарифма в правой части (9) не имеет недопустимых значений.

Именно второе слагаемое в (9) и предлагается аппроксимировать линейной регрессией:

$$\ln[1+\Delta O_3(t)/O_{3N}(t)] \approx a_0 + \sum_1^N a_i x_i \,, \quad (10)$$

где a_i - коэффициенты регрессии, a_0 - свободный член, x_i - объясняющие переменные, N+1- полное число объясняющих переменных. Необходимость присутствия свободного члена обусловлена неполным учетом всех факторов, оказывающих влияние на приземный озон. В некоторой степени он компенсирует несовершенство расчетов с ограниченным числом основных объясняющих переменных. Как и в [2], допустимо использование дополнительных объясняющих переменных в виде произведений основных для учета их взаимовлияния.

Если предположить малость реальных отклонений концентрации озона от климатической нормы, выражение (9) можно приближенно представить в виде

$$\ln[O_3(t)]=\ln[O_{3N}(t)] +\Delta O_3(t)/ O_{3N}(t).$$

Это выражение весьма близко к тому, что использовалось в [1-3], если отвлечься от того, что сейчас имеем дело с логарифмами концентрации озона и его климатической нормы, а также с относительным отклонением наблюдаемой концентрации озона от нормы. Возможно, построение уравнения регрессии было бы проще реализовать на основании приведенного выражения. Однако наблюдаемые отклонения от нормы весьма

часто существенно отличаются от нее, и первое приближение для разложения логарифма – не очень удачный выбор. Поэтому рациональнее для построения уравнения регрессии использовать точное выражение (10).

Исходя из выражений (9) – (10), расчетная оценка измеренной концентрации озона выглядит следующим образом:

$$O_3(t) = O_{3N}(t) + O_{3N}(t)\exp(a_0 + \sum_1^N a_i x_i) .$$

Результаты и их обсуждение. С целью проверки эффективности новой методики были проведены расчеты на сновании тех же исходных данных, выбранных объясняющих переменных и других условий, использованных ранее в [2]. На рис. 2 - 10 представлены результаты работы [2], дополненные расчетами по новой методике.

Первое, на что следует обратить внимание, это визуально улучшенное соответствие новых расчетов с экспериментом в случае минимальных (ночных) концентраций озона.

Кроме того, в расчетах исчезают нефизические отрицательные значения концентраций озона. Примеры показаны на рис. 3 (октябрь 2017 г.), рис. 8 (октябрь 2012 г., август 2014 г.) и других. На некоторых рисунках эффект от перехода к новой методике расчетов вообще трудно выявить.

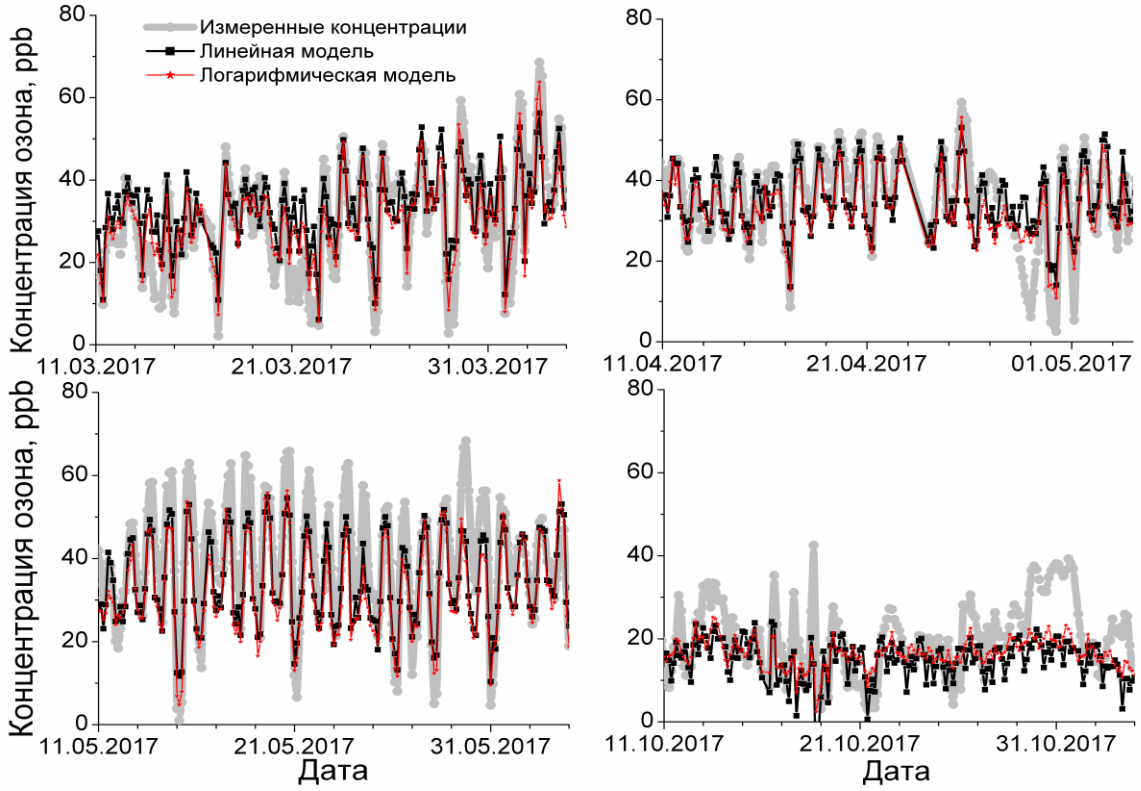


Рис. 2. Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными, г. Брест, пункт 01, 2017 г.

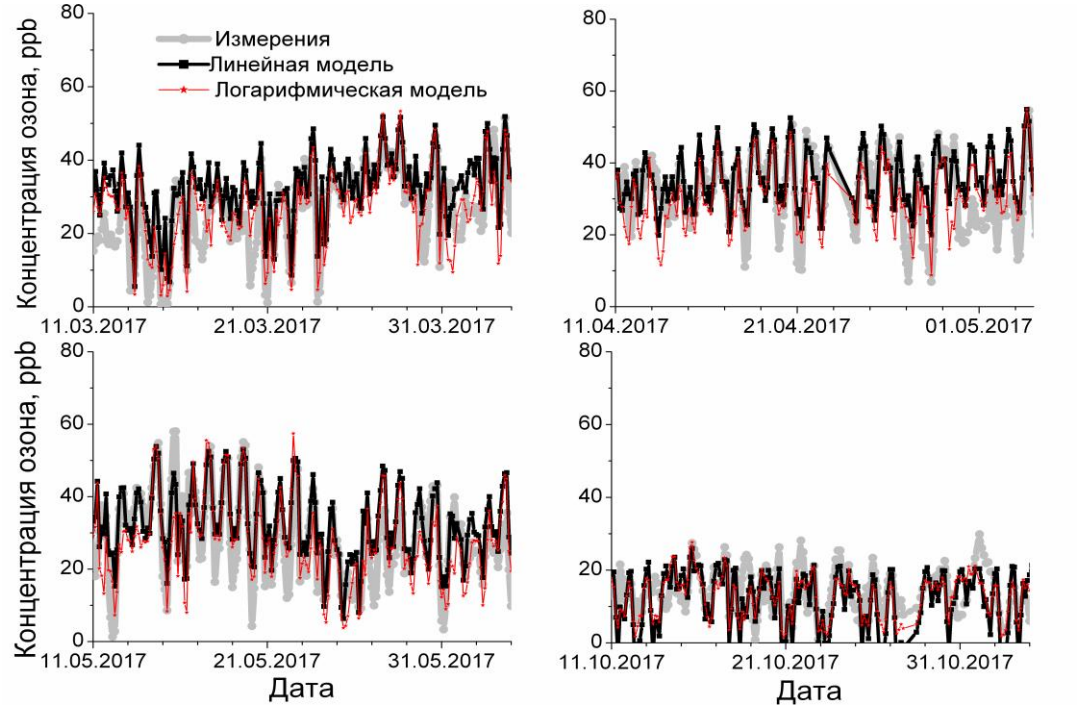


Рис. 3. Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными, г. Гомель, пункт 14, 2017 г.

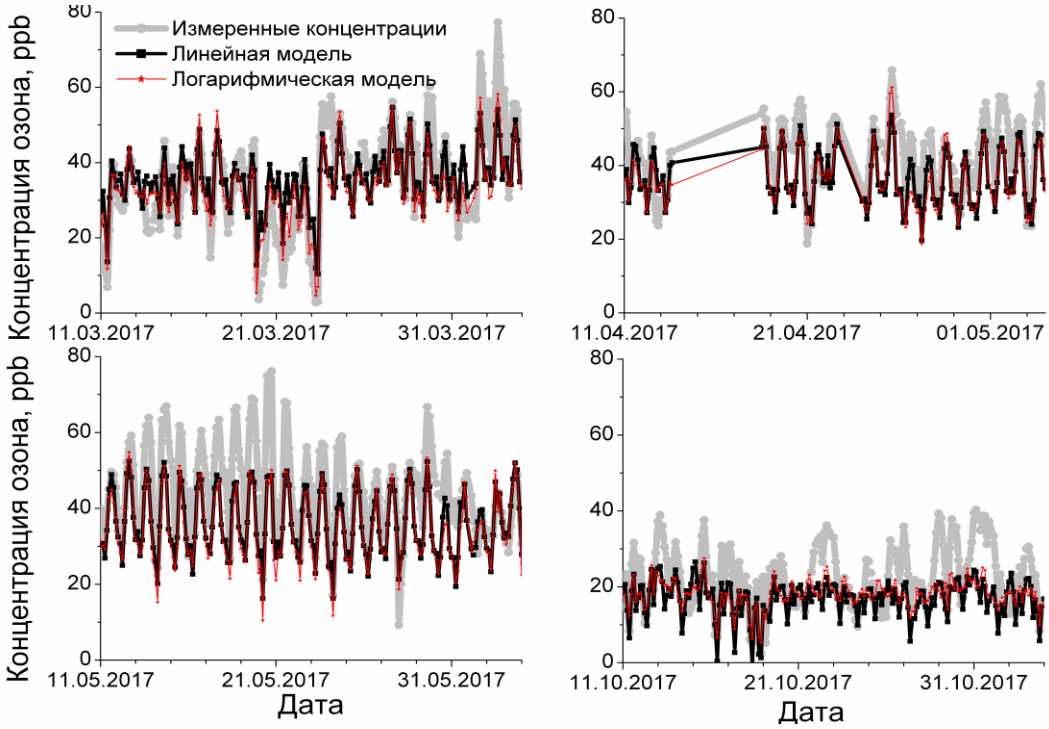


Рис. 4. Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными, г. Гродно, пункт 07, 2017 г.

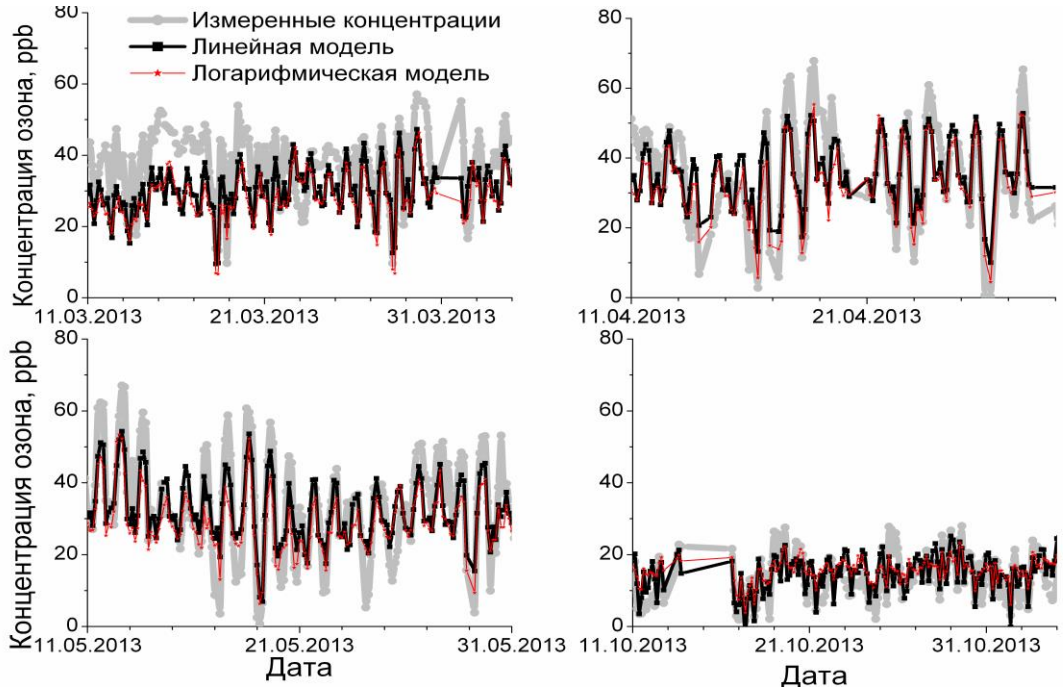


Рис. 5. Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными, г. Минск, пункт 01 (Белгидромет), 2013 г.

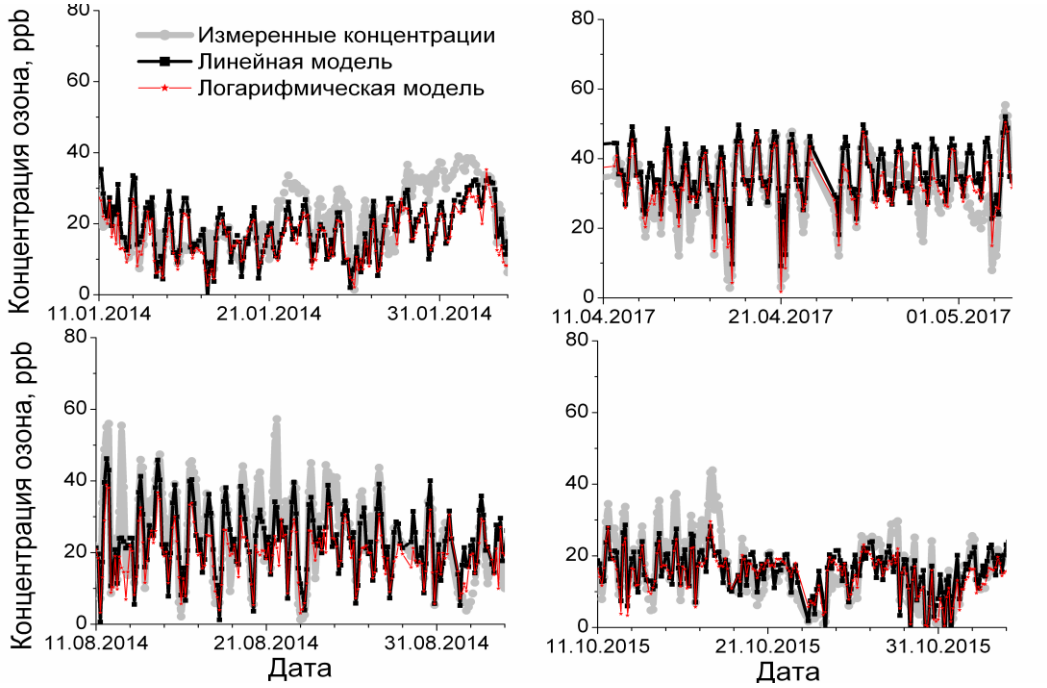


Рис. 6. Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными, г. Минск, пункт 04 (бывший радиаторный завод), 2014, 2015, 2017 гг.

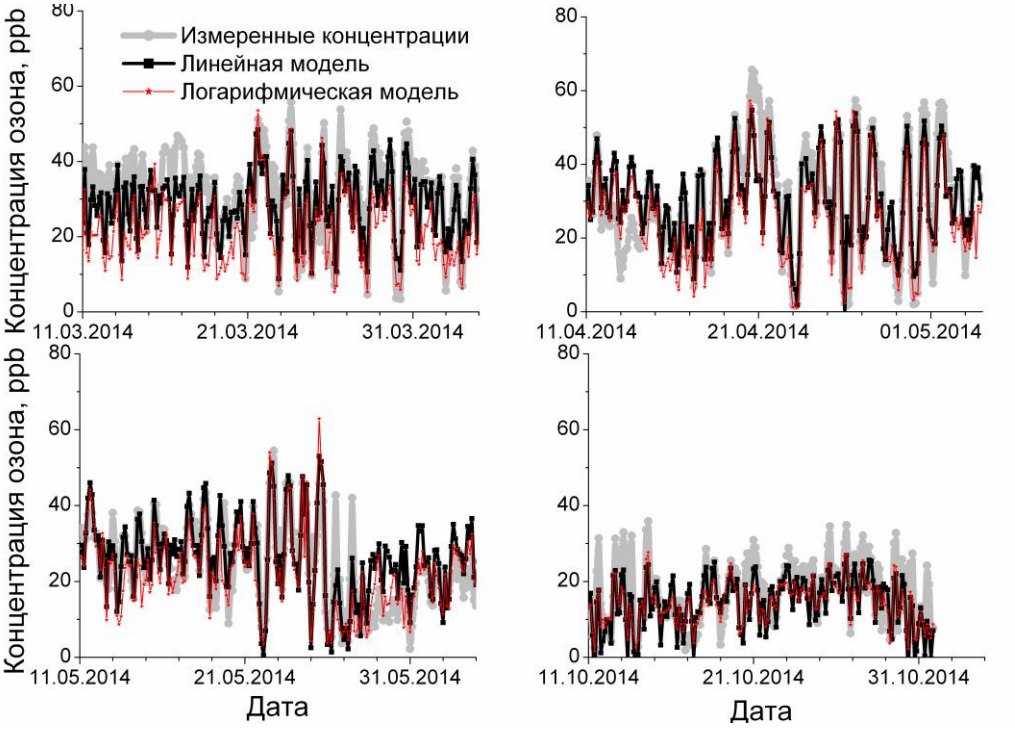


Рис. 7. Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными, г. Минск, пункт 11 (район Курасовщина), 2014 г.

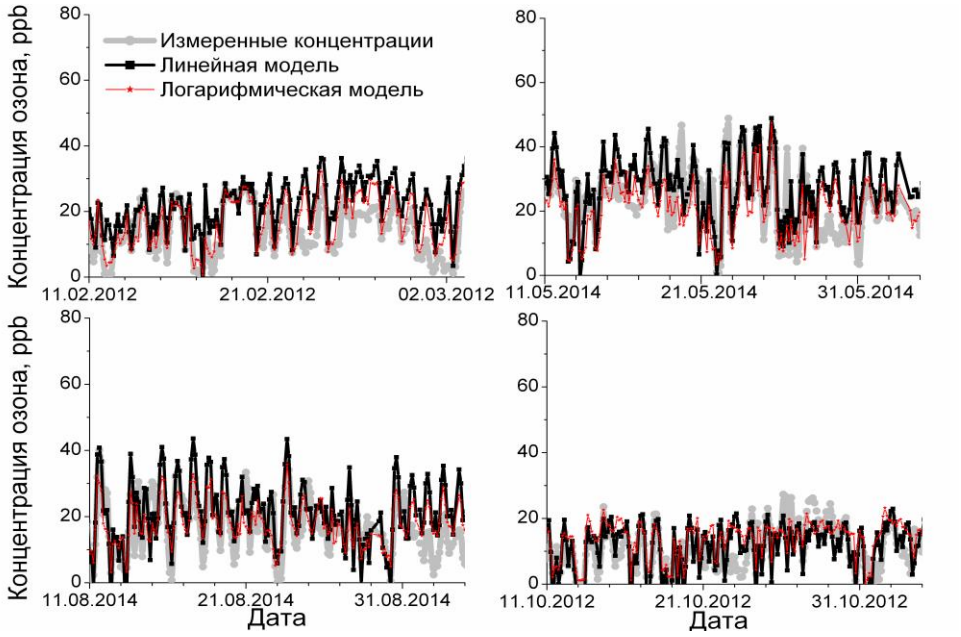


Рис. 8. Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными, г. Минск, пункт 13 (район Дражня), 2012, 2014 гг.

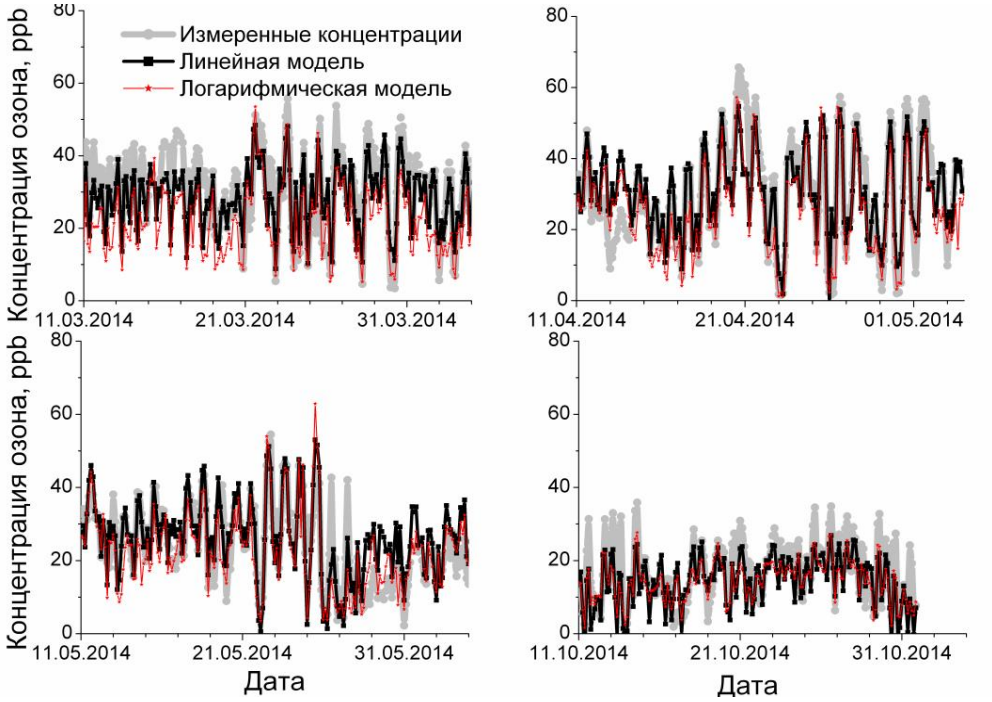


Рис. 9. Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными, г. Могилев, пункт 04 (промышленный район), 2014, 2017 гг.

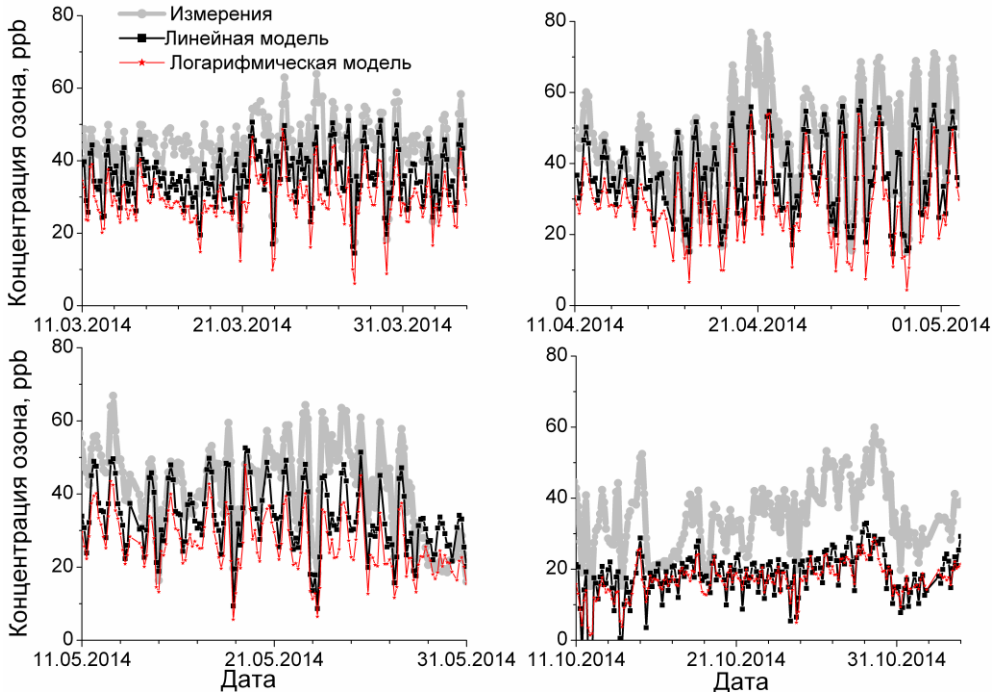


Рис. 10. Сравнение рассчитанных концентраций приземного озона с измеренными, г. Витебск, пункт 03, 2014 г.

Более объективный подход к оценке эффективности новой методики заключается в сравнении объясненных дисперсий в обоих случаях для каждого пункта наблюдений. Различия в объясненных дисперсиях для каждого пункта обусловлены или неточностью измерений на конкретном пункте наблюдений, или недостатками методики обработки измерений, и требуют дополнительного анализа.

В таблице 1 приведены сведения о количестве обработанных данных на каждом пункте наблюдений (колонка «Число данных»), среднее значение отклонения

рассчитанных концентраций озона от измеренных и среднеквадратичное отклонение (колонки «Среднее отклонение» и «Среднеквадратичное отклонение») для линейной и логарифмической моделей уравнения регрессии для каждого пункта наблюдений. Сразу можно заметить, что в случае логарифмической модели среднее значение отклонений получилось для всех пунктов наблюдений положительным, поскольку минимизировались не сами отклонения, а их логарифмы. Среднеквадратичные отклонения для обоих случаев оказались весьма близкими по величине.

В рамках обеих моделей самые большие средние значения разностей «расчет – измерение» получились для пунктов Могилев 06 и Витебск 03. Величины среднеквадратичных отклонений названной разности также максимальны для этих пунктов. Свидетельствует ли это о неважном качестве измерений на этих пунктах или недостатках обеих использованных моделей – задача дальнейших исследований.

Нужно отметить, что качество работы измерительных приборов существенно сказывается на результатах их дальнейшей математической обработки и, следовательно, на качестве построенного уравнения регрессии.

С другой стороны, даже в случае «правильного» уравнения регрессии расчеты по нему, проведенные с использованием некорректных данных о концентрациях прекурсоров озона, будут обнаруживать заметные отклонения от измеренных концентраций приземного озона. И наоборот, неверно измеренные концентрации озона при корректных значениях концентраций антропогенных загрязнений опять приведут к появлению отклонений расчетных значений от измеренных концентраций озона.

Таблица 1

Статистические характеристики линейной и логарифмической моделей регрессии для разных пунктов наблюдений

Пункт	Число данных	Линейная модель, среднее отклонение, ppb	Линейная модель, среднеквадратичное отклонение, ppb	Логарифмическая модель, среднее отклонение, ln(ppb)	Логарифмическая модель, Среднеквадратичное отклонение, ln(ppb)
Mo 04	10681	-1,153	7,812	1,311	7,772
Mo 06	228	6,588	11,663	9,735	11,424
Br 01	8851	1,855	9,321	3,097	9,534
Mi 01	5290	-0,065	8,703	3,009	9,548
Mi 04	4956	-2,292	6,937	0,767	7,133
Mi 11	4417	3,652	8,06	6,503	8,881
Mi 13	4482	-2,702	8,136	0,77	8,397
Gr 07	10491	-0,628	9,627	1,038	9,823
Go 14	8332	-1,469	9,125	1,669	9,777
Vi 03	3439	6,078	13,215	10,364	12,661

Следует также отметить, что список регистрируемых газовых загрязнений воздуха, оказывающих влияние на приземный озон, значительно более широк, чем номенклатура регистрируемых автоматическими станциями Белгидромета веществ. Уровень влияния неучтенных антропогенных и естественных загрязнений воздуха на приземный озон в условиях Беларуси следует детально исследовать, составив список веществ, играющих определяющую роль, и обеспечив их мониторинг. В частности, регистрируемые данные о среднесуточных концентрациях частиц в воздухе вполне

надежны, и их следует включить в число объясняющих переменных уравнения регрессии.

Имеются и существенные недоработки методики применения регрессионного анализа зависимости приземного озона от метеоусловий и его прекурсоров. Например, осадки и снежный покров. Хорошо известно, что концентрация приземного озона во время осадков снижается (роль грозовых разрядов в генерации озона, в отличие от генерации оксидов азота, весьма спорна и не является общепризнанной [14]). Также не рассматривалось наличие или отсутствие снежного покрова, существенного тормозящего скорость осаждения озона на земную поверхность [13]. Этот недостаток методики можно устранить двумя путями: исключить из рассмотрения случаи осадков и зимний период, или ввести в уравнение регрессии объясняющие переменные, ответственные за эти явления. Второй представляется более сложным для реализации. Проще строить уравнение регрессии отдельно для зимнего озона и для случая отсутствия дождей в теплые периоды.

Слишком упрощенный учет влияния на приземный озон скорости ветра, вертикальной устойчивости атмосферы и объемной плотности солнечного излучения у поверхности земли представлен в [4]. В частности, не учитывалась концентрация частиц в воздухе, которая влияет не только на плотность солнечного излучения, но и непосредственно на озон и его прекурсоры. В этом случае были бы полезны натурные измерения объемной плотности солнечной радиации у поверхности земли в коротковолновом участке видимого диапазона (еще лучше – в длинноволновом ультрафиолетовом диапазоне).

Выводы. Разработаны оригинальная методика и программное обеспечение для эффективного учета нелинейности в зависимости концентрации приземного озона от его прекурсоров. С этой целью уравнение регрессии для аппроксимации названной зависимости строится не для отклонения концентрации озона от его климатической нормы в данное время суток данного дня года, а для логарифма отклонения.

Использование логарифма концентрации озона для построения уравнения регрессии, аппроксимирующего зависимость приземного озона от метеоусловий и, в первую очередь, от его прекурсоров, дольно часто применяется и описано в литературе. Однако изначально методика ННИЦ МО существенно отличалась от традиционных подходов: уравнение регрессии строилось не для полной концентрации приземного озона, а для ее отклонения от климатической нормы для чистой (свободной от антропогенных загрязнений) атмосферы на территории страны. Основную часть суточной и сезонной изменчивости концентрации озона удовлетворительно передает ее климатическая норма. Это позволило использовать одно и то же уравнение регрессии для описания изменчивости озона в течение суток для разных сезонов и для разных регионов. Аналогичный подход был применен в случае, когда уравнение регрессии строилось не для названного отклонения, а для его логарифма. Ожидалось, что при этом будет более точно учтена роль нелинейности в зависимости озона от прекурсоров и метеоусловий.

В результате проведенных исследований и расчетов полученный эффект оказался менее заметным, чем в случае, когда уравнение регрессии строится для логарифма полной концентрации озона. Тем не менее, он привел к устранению некоторых принципиальных недостатков ранее использованной методики. Это свидетельствует о плодотворности подхода ННИЦ МО, использующего в качестве объясняемой переменной уравнения регрессии отклонение концентрации приземного озона от климатической нормы, а не ее абсолютное значение. Можно предположить, что эффекты нелинейности в последнем случае проявляют себя в значительно меньшей степени.

Обсуждены возможные недостатки методики и определены направления дальнейших исследований. Следует отметить, что на результаты обработки данных наблюдений существенно влияет качество измерений концентраций озона и

прекурсоров, а также ограниченное число регистрируемых автоматическими пунктами Белгидромета загрязнений атмосферного воздуха, влияющих на приземный озон.

Использованная литература:

1. Божкова В.В. и др. Климатическая норма приземного озона в чистой атмосфере Беларуси // Природные ресурсы. 2019. 2. С. 98-107.
2. Божкова В.В., Людчик А.М., Мельник Е.А. Флуктуации поля приземного озона в Беларуси, обусловленные метеорологическими условиями и антропогенным загрязнением воздуха // Природные ресурсы. 2020. № 1. С. 80-91.
3. Болотько Л.М. и др. Флуктуации поля концентрации приземного озона, обусловленные меняющимися метеоусловиями и степенью загрязнения воздуха // Экологический вестник. 2016. № 3. С. 45–50.
4. Людчик А.М. и др. Статистическая оценка антропогенного воздействия на приземный озон // Природные ресурсы. 2015. № 1. С. 95–105.
5. Людчик А.М., Покаташкин В.И. Многолетний тренд приземного озона // Природные ресурсы. 2014. № 1. С. 97-105.
6. Покаташкин В.И., Людчик А.М. Оценка влияния некоторых антропогенных загрязнителей на концентрацию приземного озона в условиях Минска // Природные ресурсы. 2013. № 2. С. 87–92.
7. Abdollahian M., Foroughi R. *Regression analysis of ozone*, data department of mathematics and statistics RMIT University Melbourne Australia. Mali. 1-5. [Internet, cited 2023 June 25]. URL: abdollahian@rmit.edu.au.
8. Abdul-Wahab S., Bouhamra W., Ettouney H., Sowerby B., Crittenden B.D. (1996), Predicting ozone levels. A statistical model for predicting ozone levels in the Shuaiba industrial area, Kuwait, *ESPR - Environ. Sci. & Pollut. Res.*, vol. 3, No. 4, pp. 195-204.
9. Baidrulhisham S.E. [et al.]. (2022), Effects of weather and anthropogenic precursors on ground-level ozone concentrations in Malaysian cities, *Atmosphere*, vol. 13, p. 1780. https://doi.org/10.3390/atmos13111780
10. Coates J., Mar K.A., Ojha N., Butler T.M. (2016), The influence of temperature on ozone production under varying NOx conditions – a modelling study, *Atmos. Chem. Phys*, No. 16, pp. 11601–11615.
11. Demuzere M. [et al.] (2009), The impact of weather and atmospheric circulation on O3 and PM10 levels at a rural mid-latitude site, *Atmos. Chem. Phys.*, No. 9, pp. 2695–2714. www.atmos-chem-phys.net/9/2695/2009/
12. Jenkin M.E., Cletmitshaw K.C. (2000), Ozone and Other Secondary Photochemical Pollutants: chemical processes governing their formation in the planetary boundary layer, *Atmospheric environment*, issue 34, pp. 2499-2527.
13. Liudchik A., Pakatashkin V., Umreika S. & Girgzdiene R. (2013), Role of ozone deposition in the occurrence of the spring maximum, *Atmosphere-Ocean*, No. 2, pp. 1-8. http://dx.doi.org/10.1080/07055900.2013.853284
14. Monks P.S. [et al.]. (2015), Tropospheric ozone and its precursors from the urban to the global scale from air quality to short-lived climate forcer, *Atmos. Chem. Phys.*, No. 15, pp. 8889–8973. www.atmos-chem-phys.net/15/8889/2015/doi:10.5194/acp-15-8889-2015
15. Pawlak I., Jarosławski J. (2019), Forecasting of surface ozone concentration by using artificial neural networks in rural and urban areas in central Poland, *Atmosphere*, No. 10 (2), pp. 52-68. doi:10.3390/atmos10020052.
16. Sillman S. (2003), Tropospheric ozone and photochemical smog, *Treatise on Geochemistry*, No. 9, pp. 407-431.
17. Thompson M.L. [et al.] (2001), A review of statistical methods for the meteorological adjustment of tropospheric ozone, *Atmospheric Environment*, vol. 35, pp. 617-630.
18. Vlachogianni A. [et. al] (2011), Evaluation of a multiple regression model for the forecasting of the concentrations of NOx and PM10 in Athens and Helsinki, *Science of the Total Environment*, vol. 409, pp. 1559–1571.

References:

1. Bozhkova V.V. [et al.] (2019), Climatic norm of ground-level ozone in the clean atmosphere of Belarus, *Prirodnyye resursy*, No. 2, pp. 98-107. (In Russ.).

2. Bozhkova V.V., Lyudchik A.M., Melnik E.A. (2020), Fluctuations of the ground-level ozone field in Belarus due to meteorological conditions and anthropogenic air pollution, *Prirodnyye resursy*, No. 1, pp. 80-91. (In Russ.).

3. Bolotko L.M. [et al.] (2016), Fluctuations in the field of ground-level ozone concentration due to changing weather conditions and the degree of air pollution, *Ekologicheskiy vestnik,* No. 3, pp. 45-50. (In Russ.).

4. Lyudchik A.M. [et al.] (2015), Statistical assessment of anthropogenic impact on ground-level ozone, *Prirodnyye resursy*, No. 1, pp. 95-105. (In Russ.).

5. Lyudchik A.M., Pokatashkin V.I. (2014), Long-term trend in ground-level ozone, *Prirodnyye resursy*. No. 1, pp. 97-105. (In Russ.).

6. Pokatashkin V.I., Lyudchik A.M. (2013), Assessment of the influence of some anthropogenic pollutants on the concentration of ground-level ozone in the conditions of Minsk, *Prirodnyye resursy*. No. 2, pp. 87–92. (In Russ.).

7. Abdollahian M., Foroughi R. *Regression analysis of ozone*, data department of mathematics and statistics RMIT University Melbourne Australia. Mali. 1-5. [Internet, cited 2023 June 25]. URL: abdollahian@rmit.edu.au.

8. Abdul-Wahab S., Bouhamra W., Ettouney H., Sowerby B., Crittenden B.D. (1996), Predicting ozone levels. A statistical model for predicting ozone levels in the Shuaiba industrial area, Kuwait, *ESPR - Environ. Sci. & Pollut. Res.*, vol. 3, No. 4, pp. 195-204.

9. Baidrulhisham S.E. [et al.]. (2022), Effects of weather and anthropogenic precursors on ground-level ozone concentrations in Malaysian cities, *Atmosphere*, vol. 13, p. 1780. https://doi.org/10.3390/atmos13111780

10. Coates J., Mar K.A., Ojha N., Butler T.M. (2016), The influence of temperature on ozone production under varying NOx conditions – a modelling study, *Atmos. Chem. Phys*, No. 16, pp. 11601–11615.

11. Demuzere M. [et al.] (2009), The impact of weather and atmospheric circulation on O3 and PM10 levels at a rural mid-latitude site, *Atmos. Chem. Phys.*, No. 9, pp. 2695–2714. www.atmos-chem-phys.net/9/2695/2009/

12. Jenkin M.E., Cletmitshaw K.C. (2000), Ozone and Other Secondary Photochemical Pollutants: chemical processes governing their formation in the planetary boundary layer, *Atmospheric environment,* issue 34, pp. 2499-2527.

13. Liudchik A., Pakatashkin V., Umreika S. & Girgzdiene R. (2013), Role of ozone deposition in the occurrence of the spring maximum, *Atmosphere-Ocean*, No. 2, pp. 1-8. http://dx.doi.org/10.1080/07055900.2013.853284

14. Monks P.S. [et al.]. (2015), Tropospheric ozone and its precursors from the urban to the global scale from air quality to short-lived climate forcer, *Atmos. Chem. Phys.*, No. 15, pp. 8889–8973. www.atmos-chem-phys.net/15/8889/2015/doi:10.5194/acp-15-8889-2015

15. Pawlak I., Jarosławski J. (2019), Forecasting of surface ozone concentration by using artificial neural networks in rural and urban areas in central Poland, *Atmosphere*, No. 10 (2), pp. 52-68. doi:10.3390/atmos10020052.

16. Sillman S. (2003), Tropospheric ozone and photochemical smog, *Treatise on Geochemistry*, No. 9, pp. 407-431.

17. Thompson M.L. [et al.] (2001), A review of statistical methods for the meteorological adjustment of tropospheric ozone, *Atmospheric Environment*, vol. 35, pp. 617-630.

18. Vlachogianni A. [et. al] (2011), Evaluation of a multiple regression model for the forecasting of the concentrations of NOx and PM10 in Athens and Helsinki, *Science of the Total Environment*, vol. 409, pp. 1559–1571.

Сведения об авторах:

Акимов Александр Николаевич – Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы, Белорусский государственный университет (Минск, Беларусь), кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник. E-mail: alex_akimov@mail.ru

Людчик Александр Маркович – Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы, Белорусский государственный университет (Минск, Беларусь), кандидат физико-математических наук, доцент. E-mail: liudchikam@tut.by

Павленко Павел Николаевич – Белорусский национальный технический университет (Минск, Беларусь), старший преподаватель. E-mail: pavlenko_pn@mail.ru

Яротов Алексей Евгеньевич – Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы, Белорусский государственный университет (Минск, Беларусь), кандидат географических наук, доцент.

Туболев Вадим Алексеевич – Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы, Белорусский государственный университет (Минск, Беларусь), младший научный сотрудник.

Мурашко Олег Артурович – Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы, Белорусский государственный университет (Минск, Беларусь), младший научный сотрудник.

Сидоркина Екатерина Игоревна – Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы, Белорусский государственный университет (Минск, Беларусь), младший научный сотрудник.

Information about authors:

Akimov Aleksandr – National Ozone Monitoring Research Centre, Belarusian State University (Minsk, Belarus), PhD in physics and mathematics, senior researcher. E-mail: alex_akimov@mail.ru

Liudchik Alexander – National Ozone Monitoring Research Centre, Belarusian State University (Minsk, Belarus), PhD in physics and mathematics, Associate Professor. E-mail: liudchikam@tut.by

Paulenka Pavel – Belarusian National Technical University (Minsk, Belarus), senior lecturer. E-mail: pavlenko_pn@mail.ru

Yarotau Aliaksei – National Ozone Monitoring Research Centre, Belarusian State University (Minsk, Belarus), PhD in geography, Associate Professor.

Tuboleu Vadzim – National Ozone Monitoring Research Centre, Belarusian State University (Minsk, Belarus), junior researcher.

Murashka Aleh – National Ozone Monitoring Research Centre, Belarusian State University (Minsk, Belarus), junior researcher.

Cidorkina Katsiaryna – National Ozone Monitoring Research Centre, Belarusian State University (Minsk, Belarus), junior researcher.

Для цитирования:

Акимов А.Н., Людчик А.М., Павленко П.Н., Яротов А.Е., Туболев В.А., Мурашко О.А., Сидоркина Е.И. Об учете нелинейности в зависимости приземного озона от метеорологических условий и его прекурсоров // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2024. № 1-2. С. 42-58.

For citation:

Akimov A.N., Lyudchik A.M., Pavlenko P.N., Yarotau A.E., Tuboleu V.A., Murashka A.A., Cidorkina E.I. (2024), The problem of accounting for the nonlinear dependence of ground-level ozone from meteorological conditions and its precursors, *Central Asian Journal of Geographical Sciences*, No. 1-2, pp. 42-58. (In Russ.).

УДК 550.51.53.02 https://doi.org/10.5281/zenodo.12509796

Арушанов М.Л.

Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Ташкент, Узбекистан

ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ПОГОДЫ НА ОСНОВЕ НЕЛОКАЛЬНОСТИ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ДИССИПАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация. *Данная работа вызвана необходимостью поиска новых подходов к решению проблемы долгосрочного прогноза погоды, точность которого вот уже на протяжении более полувека остаётся, практически, чуть более 60 %. Иначе говоря, различные методы, используемые для долгосрочного прогноза метеовеличин, а именно, численные, динамико-стохастические (например, различные модифицированные методы аналогов) не дают весомого результата. Первые связаны с проблемой предсказуемости (аттрактор Лоренца), вторые оказываются неустойчивыми в силу случайных колебаний отклонений атмосферных процессов от их некоторой нормы, что в долгосрочном аспекте приводит к большой сложности предсказать эти отклонения. Фундаментальные исследования, начатые Н.А. Козыревым, подытоженные в его монографии «Причинная или несимметричная механика в линейном приближении», работы, выполненные в теоретической физике Дж. Уиллером и Р. Фейнманом, развитые Д. Сэведжем, Дж. Крамером, касаемо интерпретации квантовой нелокальности, получившие обобщение на макроуровне на основе выполненных независимо друг от друга профессором С.М. Коротаевым и инженером-электронщиком Е.М. Авшаровым экспериментальных исследований, в результате которых ещё раз было доказано существование пятого типа взаимодействия неполевого характера, получившего признание в научном мире. Эти работы, указывающие на существование принципиально нового типа взаимодействия между необратимыми процессами любой природы, являются прямым руководством к решению проблемы долгосрочного прогноза погоды на основе совершенно нового подхода, который излагается в данной статье.*

Ключевые слова: *долгосрочный прогноз погоды, квантовая нелокальность, диссипативные необратимые процессы, коэффициент корреляции*

Arushanov M.L.

Scientific Research Hydrometeorological Institute, Tashkent, Uzbekistan

LONG-TERM WEATHER FORECAST BASED ON NON-LOCALITY OF CONTROLLED DISSIPATIVE PROCESSES

Abstract. *This work is motivated by the need to find new approaches to solving the problem of long-term weather forecasting, the accuracy of which for more than half a century remains practically just over 60%. In other words, various methods used for long-term forecasting of meteorological variables, namely, numerical, dynamic-stochastic (for example, various modified methods of analogues) do not give a significant result. The former is associated with the problem of predictability (Lorentz attractor), the latter turns out to be unstable due to random fluctuations in the deviations of atmospheric processes from their certain norm, which in the long-term leads to great difficulty in predicting these deviations. Fundamental research started by N. A. Kozyrev, summarized in his monograph "Causal or asymmetric mechanics in the linear approximation", work carried out in theoretical physics by J. Wheeler and R. Feynman, developed by D. Savage, J. Cramer, regarding interpretations of quantum nonlocality, which were generalized at the macro level on the basis of experimental studies carried out independently by Professor S. M. Korotaev and electronics engineer E. M. Avsharov, as a result of which the existence of a fifth type of interaction of a non-field nature was once again proven, received recognition in the scientific world. These works, indicating the existence of a fundamentally new type of interaction between irreversible processes of any nature, are a direct guide to solving the problem of long-term weather forecasting based on a completely new approach, which is outlined in this article.*

Key words: *long-term weather forecast, quantum nonlocality, dissipative irreversible processes, correlation coefficient*

Введение и постановка проблемы. Проблема долгосрочного прогноза метеорологических величин, которая с приемлемой точностью не может быть решена вот уже на протяжении более полувека – это результат неполноты наших знаний об устройстве природы, ограниченных построенной веками классической теорией физических процессов в рамках электромагнитных и гравитационных взаимодействий.

Метеорология, как один из разделов прикладной физики, включает в себя законы, полученные в результате теоретических и экспериментальных исследований в фундаментальной физике. Как следствие, рассматриваемый круг задач ограничивается частным применением устоявшихся физических теорий в рамках четырёх видов взаимодействий – электромагнитного, гравитационного сильного и слабого. Такое положение метеорологической науки в силу отсутствия обратной связи с теоретической физикой обуславливает большую инерционность в её развитии, а именно, отсутствие своевременного усваивания новых, передовых направлений в теоретической физике. Отсутствие исследований в метеорологии, основанных на полученных в теоретической физике результатах, отличных от принятой парадигмы, приводит к её застою, примером которого является проблема долгосрочного прогноза погоды.

Ограничиваясь классическими рамками физической науки, метеорологи вынуждены были обосновать очень низкую оправдываемость долгосрочных (от месяца и более) прогнозов погоды. В рамках классической физики и существующей математической теории это «оправдание» было не трудно найти: предел предсказуемости в удовлетворительных рамках точности прогноза ограничивается двумя неделями («эффект бабочки» или аттрактор Лоренца), когда малые колебания системы на больших промежутках времени выливаются в большие отклонения. И чем больше времени проходит, тем сложнее эти отклонения предсказать.

С другой стороны, достигнутый прогресс в теоретической и экспериментальной физики в области квантовой нелокальности (запутанных состояний) на макроуровне [1, 4-8] однозначно указывает на возможность подхода к проблеме долгосрочного погоды на основе совершенно нового физического подхода.

Изученность проблемы. *Макроскопическая нелокальность.* Начиная с работ Н.А. Козырева [2,3], Дж. Уиллера и Р. Фейнмана [15], Д. Сэвиджа [13,14], Дж. Крамера [11], Ф. Хойла и Дж. Нарликара [12], С.Э. Шноля [9] и других в геофизике и астрофизике накоплен ряд статистически достоверных фактов зависимостей ***удаленных*** необратимых процессов различной природы, которые не имеют ни прямой, ни опосредованной связи на основе известных (электромагнитных и гравитационных) взаимодействий. Например, зависимость скоростей некоторых физико-химических реакций и геологической седиментации от солнечной активности, зависимость вариаций мюонов космических лучей и естественной радиоактивности горных пород, неприливная компонента зависимости сейсмичности Земли и Луны [4]. Всем этим процессам совершенно различной природы свойственна общность, выраженная необратимостью (диссипативность).

Указанные выше связи – «странные» корреляции, в последние десятилетия обнаруживались учеными различных специальностей – астрономами, физиками, химиками, геологами, геофизиками и долгое время оставались разрозненными в рамках узких специалистов, в то время как они лежали на поверхности веками в виде народных примет. Например, способность растений предвидеть будущее состояние атмосферы: в мире известно около 400 видов растений, которые обладают способностью прогнозировать погодные изменения не хуже современных гидрометеорологических служб. Часть из них перед выпадением осадков закрывает цветы или соцветия, изменяя их положение, чтобы таким образом защитить пыльцу от попадания влаги и заодно

уменьшить теплоотдачу. Другие растения начинают активно выделять нектар, привлекая, таким образом, насекомых-опылителей. Третьи перед дождем абсорбируют капельки влаги, четвертые обладают способностью изменять форму и положение листьев. Обильное цветение чертополоха является предвестником теплой и сухой осени. Однако, в рамках классической физики эти «предвестники» не находили никаких объяснений и потому оставались в научных кругах «выдуманными» приметами.

В последние десятилетия была достигнута «критическая масса» эмпирических фактов в различных научных направлениях, стала видна их общность.

Прогрессивные ученые не могли эти факты оставить в стороне. Работы Н.А. Козырева, Дж.А. Уиллера, Р.П. Фейнмана, Дж.Г. Крамера, И. Пригожина, Дж. Белла, С.М. Коротаева, Е.М. Авшарова и других привели к развитию нового направления в физике: на квантовом уровне – «Квантовая нелокальность»; на макроуровне – «Нелокальность диссипативных процессов». Макроскопическая нелокальность представляет новый физический эффект, заключающийся в корреляции диссипативных процессов без посредства локальных носителей взаимодействия, которые в классической физике являются обязательными, чем и объяснялось несерьёзное отношение учёных-классиков к народным приметам, связанным с будущей погодой. В настоящее время под тяжестью экспериментальных фактов «классики» изменили свои взгляды на существующие типы взаимодействия.

Принципиальная возможность долгосрочного прогноза погоды на основе эффектов макроскопической нелокальности состоит в том, что в природе реализуется пятый[*] вид взаимодействия – взаимодействие без посредства локальных носителей, при котором специально построенный исходный сигнал несёт в себе информацию о состоянии окружающей среды, в частности, атмосферы, в будущем.

Цель и задачи работы. Целью данной работы является показать реальную возможность применения эффекта макроскорической нелокальности в решении проблемы долгосрочного прогноза погоды. Указанная цель реализуется на основе долговременного эксперимента, поставленного в Лаборатории морских экспериментальных исследований в Институте геоэлектромагнитных исследований РАН, направленного на обнаружение связи изменения энтропии в некотором пробном процессе с изменением энтропии в окружающей среде в соответствии с уравнением нелокальности при исключении всех известных видов классического локального взаимодействия [4-8].

Материалы и методы. Используемые данные представляют набор сигналов, измеренный специально сконструированными детекторами двух типов, основанных на связи энтропии с величиной потенциального барьера. Непосредственно измеряется не энтропия, а некоторый косвенно связанный с ней наблюдаемый макропараметр. Сконструированный детектор обладает максимальной чувствительностью и, в то же время, надежно экранирован от классических воздействий. В одном детекторе измерялись спонтанные вариации разности собственных потенциалов слабополяризующихся электродов в электролите (U), в другом – темнового тока фотоумножителя (I_A). Непрерывные измерения проводились в течении года.

В качестве параметра атмосферы, состояния которого в будущем заложено в сигнале детектора, рассматривалось приземное давление P, мб.

В методе обработки данных использован корреляционный анализ.

Результаты и их обсуждение. *Пробный эксперимент по долгосрочному прогнозу приземного давления на основе макроскопической нелокальности.* В качестве примера практической реализации эффектов макроскопической нелокальности в целях

[*] Первые четыре – это гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое.

долгосрочного прогноза воспользуемся вышеописанными данными, полученными профессором С.М. Коротаевым [4]. На рис. 1 приведен график корреляционной функции между показаниями детектора (сигнал темнового тока I_A) и приземным давлением P за тот же годовой период (1997 г.). Корреляционная функция, построенная как функция временного сдвига, имеет максимум корреляции (R=0,902) на сдвиге 73 суток. Очень наглядно предсказательные свойства детектора можно видеть на рис. 2, где под литерой «а» приведен график вариаций показателя детектора I_A (темнового тока), а под литерой «б) – временной ход приземного давления, сдвинутого по времени относительно кривой сигнала детектора на 73 суток.

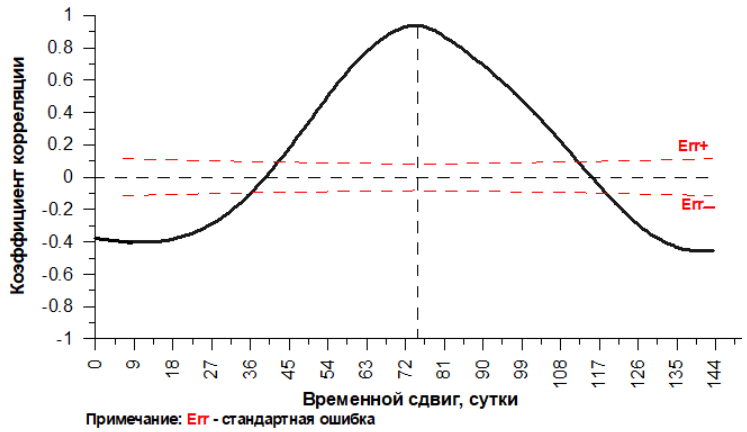


Рис. 1. Корреляционная функция «сигнал ⟷ давление», как функция временного сдвига



Рис. 2. Вариации сигнала детектора I_A, прогнозирующие вариации давления P с заблаговременностью 73 суток

Уравнение регрессии $P_{t=73} = f(I_{At=0})$ с коэффициентом детерминации R^2= 0,869 (R = 0,932) определяется выражением:

$$P(t_o+73) = 972{,}648 + 8{,}767I_A - 5{,}326\, I_A^2 + 1.431I_A^3 - 0{,}180\, I_A^4 + 0{,}011I_A^5 - \\ - 0{,}0003\, I_A^6 + 3{,}355\cdot 10^{-6}\, I_A^7$$

Выводы. Эффект макроскопической нелокальности – новое направление в физике, может и должно стать главнейшим методом долгосрочного прогноза, открывая совершенно новое направление в метеорологических прогнозах погоды. Помимо разработанной аппаратурной базы (детекторы) С.М. Коротаевым [4], аналогичная, более фундаментальная аппаратура разработана Е.М. Авшаровым [1], которая успешно прошла авторские и производственные испытания, нашла весьма важное применение в медицине. Касаемо метеорологии, здесь предстоит выполнить глубокие исследования макроскопической нелокальности с помощью приборов, разработанных Е.М. Авшаровым, в рамках выбора растений – предвестников погоды, исследовать свойства их потенциала, получить запаздывания потенциала сигнала детектора относительна временного хода метеорологических величин, т.е. определить сдвиг по времени в будущее для данного растения и построить уравнения регрессии для различных метеорологических величин.

Использованная литература:

1. Авшаров Е.М. Градиентная эфиродинамика. Астрономические явления как реакция материи на вихревое движение эфира. 2021. 119 с. // Электронный ресурс: https: //vixra.org/pdf/2105.0151v1.pdf
2. Козырев Н.А. Избранные труды. Ленинград: Изд-во Ленинградского ун-та, 1991. 448 с.
3. Козырев Н.А. Причинная или несимметричная механика в линейном приближении. Ленинград: Пулково, 1958. 90 с.
4. Коротаев С.М. Гелиогеофизические эффекты нелокальности – тени будущего в настоящем // Квантовая магия, том 1, вып. 2. 2004. С. 2219-2240.
5. Коротаев С. М., Морозов А. Н. Нелокальность диссипативных процессов – причинность и время. Москва: Физматлит, 2018. 212 с.
6. Коротаев С.М., Морозов А.Н., Сердюк В.О. и др. Экспериментальное исследование нелокальности крупномасштабных геомагнитных диссипативных процессов // Необратимые процессы в природе и технике, вып. 1. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. С. 22–38.
7. Коротаев С. М., Морозов А. Н., Сердюк В. О. и др. Экспериментальное исследование опережающих нелокальных корреляций процесса солнечной активности // Известия вузов. Физика. 2007. № 4. С. 26-33.
8. Коротаев С.М., Сердюк В.О., Сорокин М.О. Проявление макроскопической нелокальности в геомагнитных и солнечно-ионосферных процессах // Геомагнетизм и аэрономия. 2000. Т. 40. № 3. С. 56–64.
9. Шноль С.Э., Коломбет В.А, Пожарский Э.В, Зенченко Т.А., Зверева И.М., Конрадов А.А. О реализации дискретных состояний в ходе флуктуаций в макроскопических процессах // Успехи физических наук. 1998. 168:10. С. 1129-1140.
10. Cramer J.G. (1980), Generalized absorber theory and the Einstein-Podolsky-Rosen paradox, *Phys. Rev. D.*, Vol. 22, No. 2, p. 362–376.
11. Cramer J.G. (1986), The transactional interpretation of quantum mechanics, *Rev. Mod. Phys*., Vol. 58, p. 647-688.
12. Hoyle F. and Narlikar (1995), *J.V. Rev. Mod. Phys*., Vol. 67. p. 113-127.
13. Savage D. (1987), *Progress in Space-Time Physics*, Blumberg, 242 p.
14. Savage, D. (1987), *Measuring local time dilation using hourglass egg timers, in Progress in Spacetime Physics*, Bloomberg, p. 242-256.
15. Wheeler J.A., Feynman R.P. (1949), Classical Electrodynamics in Terms of Direct Interparticle Action, *Rev. Mod. Phys*., vol. 24. p. 425-433.

References:

1. Avsharov E.M. (2021), *Gradient etherdynamics. Astronomical phenomena as a reaction of matter to the vortex motion of the ether*, 119 p. // URL: https: //vixra.org/pdf/2105.0151v1.pdf (In Russ.).
2. Kozyrev N.A. (1991), *Selected works*, Leningrad, 448 p. (In Russ.).
3. Kozyrev N.A. (1958), *Causal or asymmetric mechanics in linear approximation*, Leningrad, 90 p. (In Russ.).

4. Korotaev S.M. (2004), Heliogeophysical effects of nonlocality - shadows of the future in the present, *Quantum Magic*, vol. 1, issue 2, p. 2219-2240. (In Russ.).

5. Korotaev S.M., Morozov A.N. (2018), *Nonlocality of dissipative processes - causality and time*, Moscow, 212 p. (In Russ.).

6. Korotaev S.M., Morozov A.N., Serdyuk V.O. et al. (2005), Experimental study of the nonlocality of large-scale geomagnetic dissipative processes, *Irreversible processes in nature and technology*, vol. 1, Moscow, p. 22–38. (In Russ.).

7. Korotaev S.M., Morozov A.N., Serdyuk V.O. et al. (2007), Experimental study of advanced nonlocal correlations of the solar activity process, *Izv. universities Physics*, No. 4, p. 26-33. (In Russ.).

8. Korotaev S.M., Serdyuk V.O., Sorokin M.O. (2000), Manifestation of macroscopic nonlocality in geomagnetic and solar-ionospheric processes, *Geomagnetism and Aeronomy*, vol. 40, No. 3, p. 56–64. (In Russ.).

9. Shnol S.E., Colombet V.A., Pozharsky E.V., Zenchenko T.A., Zvereva I.M., Konradov A.A. (1998), Realization of discrete cost and variable fluctuation and macro-scopic processes, *Uspekhi fizicheskikh nauk*, vol. 168, No. 10, p. 1129-1140. (In Russ.).

10. Cramer J.G. (1980), Generalized absorber theory and the Einstein-Podolsky-Rosen paradox, *Phys. Rev. D.*, Vol. 22, No. 2, p. 362–376.

11. Cramer J.G. (1986), The transactional interpretation of quantum mechanics, *Rev. Mod. Phys*., Vol. 58, p. 647-688.

12. Hoyle F. and Narlikar (1995), *J.V. Rev. Mod. Phys*., Vol. 67. p. 113-127.

13. Savage D. (1987), *Progress in Space-Time Physics*, Blumberg, 242 p.

14. Savage, D. (1987), *Measuring local time dilation using hourglass egg timers, in Progress in Spacetime Physics*, Bloomberg, p. 242-256.

15. Wheeler J.A., Feynman R.P. (1949), Classical Electrodynamics in Terms of Direct Interparticle Action, *Rev. Mod. Phys*., vol. 24. p. 425-433.

*Сведения об авторе***:**

Арушанов Михаил Львович – Научно-исследовательский гидрометеорологический институт (Ташкент, Узбекистан), доктор географических наук, профессор, действительный член Международной Организации Академии Наук (МОАН). E-mail: mikl@arushanov.rambler.ru

Information about the author:

Arushanov Mikhail – Research Hydrometeorological Institute (Tashkent, Uzbekistan), Doctor of Geographical Sciences, professor, full member of the International Organization of the Academy of Sciences (MOAN). E-mail: mikl@arushanov.rambler.ru

Для цитирования:

Арушанов М.Л. Долгосрочный прогноз погоды на основе нелокальности контролируемых диссипативных процессов // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2024. № 1-2. С. 59-64.

For citation:

Arushanov M.L. (2024), Long-term weather forecast based on non-locality of controlled dissipative processes, *Central Asian Journal of Geographical Sciences*, No. 1-2, pp. 59-64. (In Russ.).

УДК 551.324.43 https://doi.org/10.5281/zenodo.12509877

Аденбаев Б.Е.[1],Суванкулов С.С.[2], Петров М.А.[2],
Акбаров Ф.Н.[2], Мамиров Х.А.[2]

[1]Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан
[2]Институт геологии и геофизики им. Х.М. Абдуллаева, Центр гляциальной геологии, Ташкент, Узбекистан

ЛЕДНИКИ БАССЕЙНА РЕКИ ОЙГАИНГ И ОЦЕНКА ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТОКА, СФОРМИРОВАВШЕГОСЯ ИЗ НИХ

Аннотация. *В статье изучено современное гидрохимическое состояние водотоков Текешсая и Баркраксая, а также ледников Текеш-1 и Средний Баркрак, расположенных в бассейне реки Ойгаинг. По результатам проведённых в 2020 году полевых исследований получены новейшие данные о химическом составе ледников и водотоков бассейна реки Ойгаинг. Эти данные получены путём обработки материалов полевых исследований. Полученные результаты показывают, что в абляционной зоне ледника Средний Баркрак минерализация в 0-20 см выкопанного шурфа выше, чем в 20-40 см. Основная причина этого заключается в том, что на поверхности снежного покрова оседают мелкие частицы из окружающей местности и пыль из атмосферы. Проведённые анализы показывают, что содержание нитратов в водотоках бассейна Ойгаинг колеблется в приделах от 0,004 до 1,94 мг/л. Максимальное значение соответствует устью Текешсая, который впадает в реку Ойгаинг. Кроме того, количество фосфатов меняется в пределах 0,004-0,175 мг/л.*

Ключевые слова: *бассейн, река Ойгаинг, Текешсай, Баркраксай, ледник Средний Баркрак, ледник Текеш-1, ионный состав, биогенные элементы, главные ионы.*

Adenbaev B.E.[1],Suvankulov S.S.[2], Petrov M.A.[2],
Akbarov F.N.[2], Mamirov X.A.[2]

[1] National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan
[2] Institute of Geology and Geophysics named after Kh.M. Abdullaev, Center of Glacial Geology, Tashkent, Uzbekistan

GLACIERS OF THE OYGAING RIVER BASIN AND ASSESSMENT OF THE HYDROCHEMICAL STATE OF THE FLOW FORMED FROM THEM

Abstract. *The article studies the current hydrochemical state of the Tekeshsay and Barkraksay watercourses, as well as the Tekesh-1 and Middle Barkrak glaciers located in the Oygainga basin. Based on the results of field research carried out in 2020, the latest data on the chemical composition of glaciers and watercourses in the Oygaing River basin were obtained. These data were obtained by processing field research materials. The results obtained show that in the ablation zone of the Middle Barkrak glacier, the mineralization in 0-20 cm of the excavated pit is higher than in 20-40 cm. The main reason for this is that small particles from the surrounding area and dust from the atmosphere are added to the surface of the snow cover. The analyses show that the nitrate content in the watercourses of the Oygaing basin ranges from 0.004 to 1.94 mg/l. This value corresponds to the mouth of Tekeshsay, where it flows into the Oygaing River. In addition, the amount of phosphates also varies within the range of 0.004-0.175 mg/l.*

Key words: *basin, Oygaing river, Tekeshsay, Barkraksay, Middle Barkrak glacier, Tekesh-1 glacier, ion composition, biogenic elements, main ions.*

Введение и постановка проблемы. В последние годы освоение горных районов, которое ведётся интенсивными темпами, ставит перед учёными-гидрологами новые задачи. Одной из них является изучение химического состава вод в районах формирования стока речных бассейнов. Эти части речных бассейнов представляют собой нивальные районы со сложными и малоизученными условиями рельефа. Известно, что химический состав атмосферных осадков находится в естественном состоянии, а минерализация стока изменяется в результате действия геологических процессов и факторов.

Площадь ледников в бассейне реки Пскем за последние 20 лет сократилась на 16,8 %. В общей сложности за период 1957-1980 годов площадь постоянных ледников в бассейне Аральского моря потеряла 115,5 км^3 льда (что примерно означает 104 км^3 пресной воды), что составляет около 20 % от запаса ледников, зафиксированного в 1957 году [12]. Это требует оценки количества и качества ледников в последующие годы. В связи с этим изучение гидрохимического состояния ручьев, образующихся от таяния ледника Текеш-1 и ледников бассейна речки Текеш в верховьях бассейна реки Ойгаинг, является актуальным вопросом на сегодняшний день.

Изученность проблемы. Гидрохимическое состояние вод горных рек Центральной Азии первоначально изучалось Б.Л. Блиновой [3], А.В. Ивановым [5], А.А. Колодяжной [11]. Эти исследования позже были продолжены Л.Ф. Камаловым [6], Г.П. Кимом [7-10], Г.Е. Глазырином [4]. В настоящее время в республиканском масштабе научные исследования в этом направлении проводятся А.А. Ни [13], Ш.Р. Шукуровым [18], Т.Ю. Сабитовым [14], С.С. Суванкуловым [15,16]. Однако вышеупомянутые исследователи не изучали детально гидрохимическое состояние ледников бассейна реки Ойгаинг и вод питающихся ими водотоков.

Цель и задачи исследования. Основной целью, поставленной в данной статье, является изучение гидрохимического состава воды бассейнов рек Текешсай, Баркраксай и ледников Текеш-1 и Средний Баркрак. Для достижения этой цели в ходе исследования были поставлены задачи выявления изменения минерализации и биогенного вещества воды по длине водотоков.

Материалы и методы. На сегодняшний день невозможно сравнить результаты анализа в разрезе лет или сезонов, поскольку исследования ледников и рек, образовавшихся в результате их таяния, являются сложными и постоянный мониторинг не проводится. В связи с этим, нами были рассмотрены изменения уровня минерализации сезонных снегов, ледников и речных вод в бассейнах, расположенных на склонах двух разных экспозиций.

Работа выполнена с использованием опыта предыдущих исследований подобного типа по отбору проб ледниковой, снеговой и речной воды [2, 5, 7, 9]. Для наблюдения за изменением минерализации речной воды по длине водотоков были отобраны пробы из нескольких частей ледников и из нескольких точек вплоть до устья водотоков.

Результаты и их обсуждение. В работе в качестве объектов исследования были выбраны водотоки Текешсай и Баркраксай, которые считаются притоками реки Ойгаинг, а также ледники Текеш-1 и Средний Баркраксай, расположенные в этих бассейнах. Эти ледники относятся к долинному типу и считаются удобными для проведения полевых исследований.

Текешсай и Баркраксай являются основными притоками реки Ойгаинг (37 %), главного притока реки Пскем [15]. Как определено задачами исследования, первоначально Цифровая модель рельефа (DEM) Земли была загружена с платформы Геологической службы США (usgs.gov) для района, где расположен бассейн Баркраксай. На основе полученной информации DEM в программе QGIS была создана цифровая гидрографическая карта бассейна Баркраксай (рис. 1).

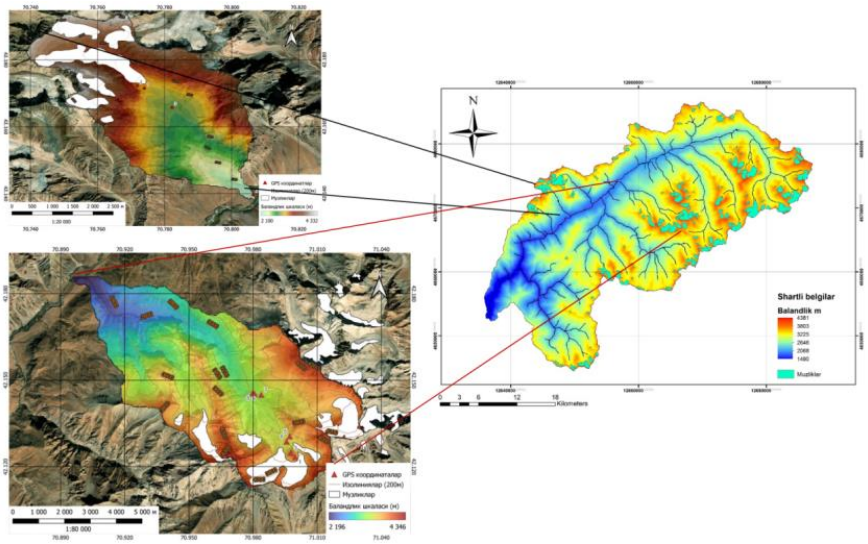


Рис. 1. Гидрографическая карта бассейна реки Ойгаинг

На гидрографической карте показана линия водораздела бассейнов Текешсая и Баркраксая, точки, где были отобраны пробы ледников по градиентам высот. Также по созданным цифровым картам были определены некоторые морфометрические параметры бассейнов (табл. 1).

Таблица 1

Морфометрические показатели Баркраксая и Текешсая

Показатели	Единица измерения	Баркраксай	Текешсай
Площадь	F, км²	47,3	18,6
Средняя высота	H, м	3150	3107
Площадь ледников	F, км²	6,3	2,8
Количество ледников		4	6
Длина водотоков	L, км	11,7	5,2
Расстояния от устья	L, км	22,7	31,9

Площадь бассейна Баркраксая, где проводились исследования, в два раза больше, чем у Текешсая [9, 17]. Соответственно, длина этого водотока также велика. Бассейн Баркраксая расположен на северо-западном склоне Пскемского хребта, поэтому площадь ледников относительно велика из-за непопадания прямых солнечных лучей. Результаты наблюдений показывают, что правый, средний и левый ледники Баркрак ранее составляли единый ледник. Позднее в результате изменения климата ледник отступил и раскололся на 3 части [12, 13].

Ледники бассейна Текешсая, образовавшиеся в юго-восточной части Майдантальского хребта, многочисленные, но площадь их довольно мала. Среди этой группы ледников ледник Текеш-1 является самым крупным по площади, которая равна 1,6 км² [12]. В настоящее время происходит сокращение длины ледника. Его длина в 1960-е годы составляла 3,2 км. В результате изменения климата ледник к настоящему времени сократился на 200 м [12].

Горные породы являются ведущим фактором формирования химического состава природных вод. Потому что минеральные вещества, содержащиеся в породах, вымываются под воздействием атмосферных осадков, талых снеговых и ледниковых вод. Гидрокарбонатные и кальциевые воды образуются в основном за счет выщелачивания карбонатных и кальциевых веществ, содержащихся в горных породах, например известняках и др. [2, 3]. Это можно наблюдать по результатам отбора проб в бассейнах Баркраксая и Текешсая.

В таблице 2 показаны результаты анализа главных ионов в составе проб, отобранных из 16 точек в бассейнах Баркраксая и Текешсая в 2020 году. Эти пробы были отобраны из нескольких участков ледников, сезонных снегов, подморенных ледников, талых вод с ледников в нескольких пунктах вплоть до устья реки Ойгаинг.

Из результатов анализа видно, что на участке от ледников до приточной части бассейна реки в химическом составе преобладают гидрокарбонаты (HCO^-_3) из анионов и кальций (Ca^{2+}) из катионов. Однако эта особенность присуща ледниковым водам. Химический состав сезонных снегов отличается. Среди анионов в составе сезонных снегов доминируют сульфаты, а среди катионов – кальций.

Таблица 2

Гидрохимический состав ледников и водотоков бассейна р. Ойгаинг, мг/л (2020 г.)

№	Место отбора проб	Дата отбора проб	Главные ионы					
			HCO^-_3	Cl^-	SO^{2-}_4	Na^+ K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
1	Из талой воды ледника Текеш	27/07	27,5	3,4	14,2	0	6,1	0,56
2	С ледника Текеш	27/07	15,3	3,7	18,6	0	8,1	0,97
3	С сезонного снега в бассейне Текешсая	27/07	0	4,3	4,6	0	1,2	0,11
4	Верховья Текешсая	27/07	45,8	3,9	28,2	2	18,1	1,24
5	Устье Текешсая	27/07	109,9	4,3	32,1	4	30,1	4,84
6	Устье Баркраксая	30/07	65,1	2,8	38,4	3	20	1,24
7	0-20 см от абляционной части ледника Средний Баркрак	13/08	9,2	1,69	2,4	0	1	0,1
8	20-40 см от абляционной части ледника Средний Баркрак	13/08	0	0,99	2,1	0	0,9	0,07
9	С ледника Средний Баркрак	13/08	12,6	1,25	3,6	0	1,2	0,11
10	Из талой воды ледника Средний Баркрак	13/08	0	1,84	4,8	0	1,4	0,24
11	Среднее течение р. Баркраксай	13/08	48,9	2,97	8,2	0	11,1	1,21
12	Из моренных отложений Среднего Баркрака	13/08	63,5	4,82	10,2	0	16	1,24
13	Из воды правого притока Баркраксая	13/08	35,7	3,4	6,4	0	8,1	0,97
14	Из воды среднего течения правого притока Баркраксая	14/08	44,3	3,1	9,3	0	12	1,23
15	Из моренных отложений Среднего Баркрака	15/08	47,4	5,1	9,3	2	12	1,23
16	Река Ойгаинг	15/08	71,8	2,8	12,4	3,0	26,1	2,4

Таблица составлена авторами.

На рис. 2 показано изменение минерализации воды в бассейне реки Ойгаинг с высотой местности. Среди полученных результатов наибольшее значение соответствует устью Текешсая. Полевые работы проводились в июле-августе 2020 года. Из-за более высокой мутности в нижнем течении водотока минерализация повышенная. Устье Баркраксая близко по высоте устью Текешсая. Однако уровень минерализации проб, взятых в этих точках, значительно различается. Основная причина этого заключается в том, что поток, образующийся из ледников, расположенных в котловине Баркраксая, фильтруется через моренные отложения. В результате это снижает мутность воды.

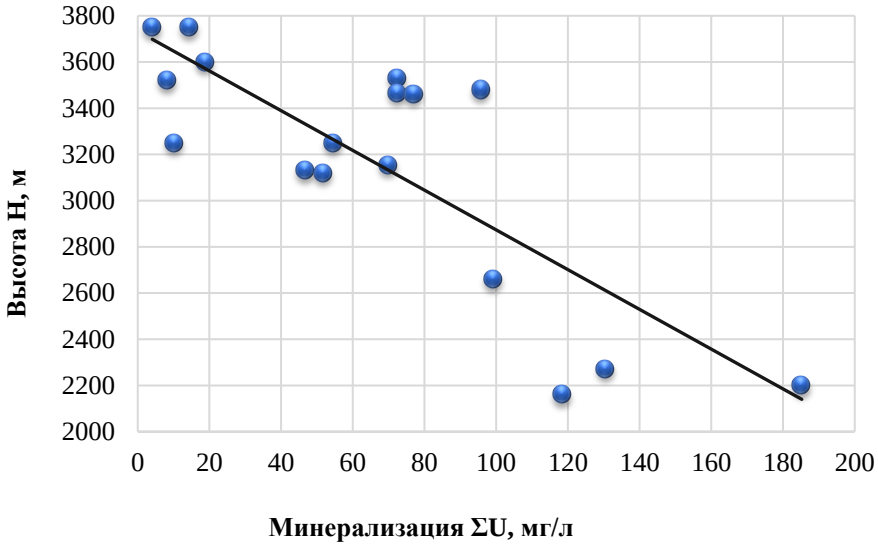


Рис. 2. Изменение минерализации вод бассейна Ойгаинг с высотой

Абляционная часть ледника Средний Баркрак является самой высокой территорией, охваченной в ходе исследовательских работ. Пробы были отобраны из интервалов глубин 0-20 см и 20-40 см. Минерализация талых вод сезонных снегов очень мала. Минерализация в 0-20 см выкопанного шурфа выше, чем в 20-40 см. Основная причина этого в том, что на поверхность снежного покрова добавляются мелкие частицы из окружающей местности и пыль из атмосферы.

Таблица 3

Состав биогенных веществ ледников и водотоков бассейна Ойгаинг

№	Место отбора проб	pH	EC, µS/cm	TDS, ppm (мг/л)	$NO^{+}_{3}^{-}$ N, мг/л	PO_4^{3-} P, мг/л	Fe, мг/л	Электро-проводимость
1	Из талой воды ледника Текеш	7,7	140	60	0,518	0,175	0,12	33
2	Из ледника Текеш	8,6	10	0	0,073	0,015	0,11	46,9
3	Из сезонного снега в бассейне Текешсая	7,4	0	0	0,079	0,009	0,11	5,2
4	Верховья Текешсая	8,1	110	50	0,447	0,017	0,11	104
5	Устье Текешсая	6,9	160	80	0,004	0,028	0,1	184
6	Устье Баркраксая	6,9	140	60	0,449	0,006	0,12	107
7	Слой 0-20 см абляционной части ледника Средний Баркрак	6,4	0	0	0,094	0,013	0,09	5,08
8	Слой 20-40 см абляционной части ледника Средний Баркрак	6,3	0	0	0,103	0,008	0,08	3,77
9	Из ледника Средний Баркрак	5,8	0	0	0,063	0,008	0,09	5,15
10	Из талой воды ледника Средний Баркрак	5,3	0	0	0,171	0,008	0,08	12,13
11	Из среднего течения Баркраксая	6,7	60	30	0,134	0,004	0,09	70,8

12	Из моренных отложений Среднего Баркрака	7,9	100	40	0,282	0,007	0,09	88,6
13	Из воды правого притока Баркраксая	7	180	80	0,340	0,007	0,10	58,8
14	Из воды среднего течения правого притока Баркраксая	7,4	110	50	0,465	0,007	0,08	73
15	Из моренных отложений Среднего Баркрака	7,9	110	50	0,446	0,009	0,08	83.3
16	Река Ойгаинг	7,4	140	60	1,94	0,019	0,12	141,7

Таблица составлена авторами.

Помимо содержания главных ионов, в работе также определено и проанализировано содержание биогенных веществ (азота, фосфатов и железа) в водах водотоков и ледников исследуемого бассейна. Источником биогенных веществ в воде являются, прежде всего, биологические и химические процессы, происходящие в водоемах.

Проведённые анализы показывают, что азот присутствует в ледниковых водах в виде различных неорганических и органических соединений. Неорганические соединения включают нитраты NO^{+}_{3}. Содержание нитратов в водотоках бассейна Ойгаинг колеблется в пределах от 0,004 до 1,94 мг/л (табл. 3). По результатам анализа отмечено, что максимальное количество нитратов в водоемах составило 1,94 мг/л. Это значение соответствуют устью Текешсая, где он впадает в реку Ойгаинг. Содержание фосфатов (PO_4^{3-}) меняется в пределах 0,004-0,175 мг/л.

Выводы. Подводя итоги исследования, можно сделать следующие основные выводы:

- полученные результаты показали, что на участке от ледников до приточной части бассейна реки в химических элементах преобладают гидрокарбонаты из числа анионов и ионы кальция из числа катионов;

- было обнаружено, что состав основных ионов в сезонном снеге имеет несколько иной вид. Среди анионов в сезонном снеге преобладают сульфаты (4,6 мг/л), а среди катионов – ионы кальция (1,2 мг/л);

- содержание нитратов в бассейне реки Текеш колеблется в пределах 0,004-1,94 мг/л, а содержание фосфатов – от 0,009 мг/л до 0,175 мг/л;

- концентрация главных ионов и биогенных веществ в водотоках не превышает допустимых норм.

Использованная литература:

1. Аденбаев Б.Е., Сувонкулов С.С., Петров М.А. Оценка гидрохимического состояния стока ледников бассейна Ойгаинг в условиях потепления климата // Водные ресурсы аридных регионов в условиях изменения климата: проблемы и их решения. Материалы международной научно-практической конференции. Ташкент, 2023. С. 93-96.

2. Алёкин О.А. Гидрохимия. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1952. 161 с.

3. Блинова В.Л. Сравнение химического состава льда и воды некоторых ледников Кавказа и Средней Азии // Материалы гляциологических исследований. Вып. 6. Москва, 1962. С. 144-148.

4. Глазырин Г.Е., Камнянский Г.М., Прецигер Ф.И. Режим ледника Абрамова. Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1993. 228 с.

5. Иванов А.В. Теория криогенных и гляциогенных гидрохимических процессов // Гляциология. Москва: ВИНИТИ, 1987. 235 с.

6. Камалов Л.Ф. Гидрохимическая характеристика бассейна р. Чирчик // Труды САРНИГМИ. 1975. Вып. 27 (108). С. 76-86.

7. Ким Г.П. Химизм ледников Средней Азии: автореферат дисс... канд. геогр. наук. Ташкент, 2001. 26 с.

8. Ким Г.П. Гидрохимическая характеристика верховьев Ханакасу-Акдарья // Экология хабарномаси. 2014. № 7. С. 44-45.

9. Ким Г.П. Химической сток ледниковых рек Средней Азии и его роль в экологическом состоянии региона (на примере верховья р.Чирчик). Ташкент, 2005. 79 с.

10. Ким Г.П., Прядуненко Т.И. Антропогенная и природная составляющие химического состава ледниковых рек // Экологический вестник. 2006. № 1. С. 37-41.

11. Колодяжная А.А. Режим химического состава атмосферных осадков и их метаморфизация в зоне аэрации. Москва: Изд-во АН СССР, 1963. 258 с.

12. Ни А.А. Деградация ледника Текичсай-1 После малой ледниковой эпохи // Труды САНИГМИ. 1994. Вып. 147 (228). С. 153-155.

13. Ни А.А., Тихановская А.А. Томашевская И.Г. Ледники Центральной Азии – невосполнимый резерв чистой пресной воды в регионе // Питьевое водоснабжение и экология. Ташкент: Университет, 2002. С. 22-29.

14. Сабитов Т.Ю. Моделирование воздействия климатических факторов на состояние окружающей среды бассейна реки Пскем: автореф. дисс. докт. фил. (PhD) по геогр. наукам. Ташкент, 2021. 46 с.

15. Суванкулов С.С., Акбаров Ф.Н., Мамиров Х.А. Гидрохимические характеристики ледников и вод Текешского бассейна // Гидрометеорологические исследования в условиях изменения климата: актуальные проблемы и пути их решения. Материалы международной научно-практической конференции. Ташкент, 2022. С. 89-92. (На узб. яз.)

16. Суванкулов С.С., Умирзаков Г.У., Мамиров Х.А., Акбаров Ф.Н., Эшмуратов Д.К., Петров М.А. Гидрологический мониторинг малых горных водотоков ледникового питания (на примере Баркраксая) // Гидрометеорология и мониторинг окружающей среды. 2022. № 4. С. 80-90. (На узб. яз.)

17. Шукуров Ш.Р., Петров М.А., Ни А.А., Акбаров Ф.Н., Мамиров Х.А., Шукуров Н.Э. Оценка экогеохимического состояния предгорной и высокогорной зоны Чаткало-Кураминского региона Республики Узбекистан // Материалы Международной конференции «Науки о Земле», Ташкент, 2018. С. 200-203.

18. Щетинников А.С., Подкопаева Л.Д. Каталог ледников СССР. Том. 14. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1970. 41 с.

References:

1. Adenbaev B.E., Suvankulov S.S., Petrov M.A. (2023), Assessment of the hydrochemical state of glacier runoff in the Oygaing basin in conditions of climate warming, *Water resources of arid regions in conditions of climate change: problems and their solutions. Materials of the international scientific and practical conference,* Tashkent, p. 93-96. (In Russ.).

2. Alyokin O.A. (1952), *Hydrochemistry*, Leningrad, 161 p. (In Russ.).

3. Blinova V.L. (1962), Comparison of the chemical composition of ice and water of some glaciers of the Caucasus and Central Asia, *MGI*, Issue 6, Moscow, p. 144-148. (In Russ.).

4. Glazyrin G.E., Kamnyansky G.M., Pretsiger F.I. (1993), *Regime of the Abramov glacier*, St. Petersburg, 1993. 228 p. (In Russ.).

5. Ivanov A.V. (1987), Theory of cryogenic and glaciogenic hydrochemical processes, *Glaciology Series. Vol. 5*, Moscow, 235 p. (In Russ.).

6. Kamalov L.F. (1975), Hydrochemical characteristics of the river basin Chirchik, *Proceedings of SARNIGMI*, Issue. 27 (108), p. 76-86. (In Russ.).

7. Kim G.P. (2001), *Chemistry of glaciers in Central Asia: abstract of diss ... cand. geogr. sciences*, Tashkent, 26 p. (In Russ.).

8. Kim G.P. (2014), Hydrochemical characteristics of the upper reaches of the Khanakasu-Akdar, *Ecological Bulletin*, No. 7, p. 44-45. (In Russ.).

9. Kim G.P.(2005), *Chemical runoff of glacial rivers in Central Asia and its role in the ecological state of the region (using the example of the upper reaches of the Chirchik River)*, Tashkent, 79 p. (In Russ.).

10. Kim G.P., Pryadunenko T.I. (2006), Anthropogenic and natural components of the chemical composition of glacial rivers, *Ecological Bulletin*, No. 1, pp. 37-41. (In Russ.).

11. Kolodyanskaya A.A. (1963), *The regime of the chemical composition of atmospheric precipitation and its metamorphization in the aeration zone,* Moscow, 258 p. (In Russ.).

12. Ni A.A. and others (1994), Degradation of the Tekichsay-1 glacier after the Little Ice Age, *Proceedings of SANIGMI,* Vol. 147 (228), pp. 153-155. (In Russ.).

13. Ni A.A., Tikhanovskaya A.A., Tomashevskaya I.G. (2002), Glaciers of Central Asia are an irreplaceable reserve of clean fresh water in the region, *Drinking water supply and ecology,* Tashkent, pp. 22-29. (In Russ.).

14. Sabitov T.Yu. (2021), *Modeling the impact of climatic factors on the state of the environment of the Pskem River basin: abstract. diss. PhD in geography,* Tashkent, 46 p. (In Russ.).

15. Suvankulov S.S., Akbarov F.N., Mamirov Kh.A. (2022), Hydrochemical characteristics of glaciers and waters of the Tekesh basin, *Hydrometeorological studies in conditions of climate change: current problems and ways to solve them. Materials of the international scientific and practical conference*, Tashkent, p. 89-92. (In Uzbek).

16. Suvankulov S.S., Umirzakov G.U., Mamirov Kh.A., Akbarov F.N., Eshmuratov D.K., Petrov M.A. (2022), Hydrological monitoring of small mountain streams of glacial feeding (on the example of Barkraksay), *Hydrometeorology and environmental monitoring*, No. 4, pp. 80-90. (In Uzbek).

17. Shukurov Sh.R., Petrov M.A., Ni A.A., Akbarov F.N., Mamirov Kh.A., Shukurov N.E. (2018), Assessment of the ecogeochemical state of the foothill and high-mountain zones of the Chatkal-Kurama region of the Republic of Uzbekistan, *Proceedings of the International Conference "Earth Sciences"*, Tashkent, p. 200-203. (In Russ.).

18. Shchetinnikov A.S., Podkopaeva L.D. (1970), *Catalog of glaciers of the USSR*, vol. 14, Part 1, 2, 3, Leningrad, 41 p. (In Russ.).

Сведения об авторах:

Аденбаев Бахтиёр Ембергенович — Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека (Ташкент, Узбекистан), доктор географических наук, доцент. E-mail: bahtiyor.adenbayev@mail.ru

Суванкулов Саркорбек Санжар угли – Институт геологии и геофизики имени Х.М. Абдуллаева (Ташкент, Узбекистан), младший научный сотрудник. E-mail: ssarkorbek@gmail.com

Петров Максим Анатолиевич – Институт геологии и геофизики имени Х.М. Абдуллаева (Ташкент, Узбекистан), Кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник. E-mail: maxpetr1962@gmail.com

Мамиров Халимджон Алимович – Институт геологии и геофизики имени Х.М. Абдуллаева (Ташкент, Узбекистан), младший научный сотрудник. E-mail: hmamirov@inbox.ru

Акбаров Фахриддин Нарзуллаевич – Институт геологии и геофизики имени Х.М. Абдуллаева (Ташкент, Узбекистан), младший научный сотрудник. E-mail: fedya8310@mail.ru

Information about the authors:

Adenbaev Bakhtiyor – National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek (Tashkent, Uzbekistan), Doctor of Geography, assistant Professor. E-mail: bahtiyor.adenbayev@mail.ru

Suvankulov Sarkorbek – Institute of Geology and Geophysics named after Kh.M. Abdullaev (Tashkent, Uzbekistan), Junior researcher. E-mail: ssarkorbek@gmail.com

Petrov Maxim – Institute of Geology and Geophysics named after Kh.M. Abdullaev (Tashkent, Uzbekistan), Candidate of Geology and Mineralogy Sciences, Senior researcher. E-mail: maxpetr1962@gmail.com

Mamirov Khalimjon – Institute of Geology and Geophysics named after Kh.M. Abdullaev (Tashkent, Uzbekistan), Junior researcher. E-mail: hmamirov@inbox.ru

Akbarov Fakhriddin – Institute of Geology and Geophysics named after Kh.M. Abdullaev (Tashkent, Uzbekistan), Junior researcher. E-mail: fedya8310@mail.ru

Для цитирования:

Аденбаев Б.Е., Сувонкулов С.С., Петров М.А., Акбаров Ф.Н., Мамиров Х.А. Ледники бассейна реки Ойгаинг и оценка гидрохимического состояния стока, сформировавшегося из них // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2024. № 1-2. С. 65-73.

For citation:

Adenbaev B.E., Suvankulov S.S., Petrov M.A., Akbarov F.N., Mamirov Kh.A. (2024), Glaciers of the Oygaing River basin and assessment of the hydrochemical state of the runoff formed from them, *Central Asian Journal of Geographical Sciences*, No. 1-2, pp. 65-73. (In Russ.).

УДК 631.587(575.1) https://doi.org/10.5281/zenodo.12509921

Чембарисов Э.И., Баллиев А.И.

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем,
Ташкент, Узбекистан

СОСТОЯНИЕ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ ВОД ОРОШАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ КАРАКАЛПАКСТАНА И ОБОБЩЕНИЕ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

Аннотация. *В настоящее время во всех регионах Узбекистана в орошаемой зоне существует и функционирует коллекторно-дренажная сеть. Гидрологический и гидрохимический мониторинг её работы начался в 1970-ые годы. Такая сеть существует и в орошаемой зоне Республики Каракалпакстан, длина которой в настоящее время равна 20614,7 км, а основными магистральными коллекторами являются КС-1, КС-3, КС-4, ГЛК. В последние годы объем коллекторно-дренажных вод (КДВ) орошаемой территории республики достиг 1,6-2,0 км^3 и который меняется в зависимости от водности р. Амударьи. Несмотря на повышенную минерализацию (до 3,9-4,5 г/л) часть этих вод в маловодные годы можно повторно использовать на орошение сельскохозяйственных культур, о чем указано и в «Концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 гг.». На данное время уже накоплен многолетний полевой опыт использования этих вод с учетом различных агротехнических условий, механического состава орошаемых почв, солеустойчивости сельскохозяйственных культур и других факторов. Опираясь на вышеописанное, в данной статье рассмотрено состояние объемов и качество коллекторно-дренажных вод Республики Каракалпакстан в течение 2010-2021 гг., а также приведено краткое обобщение проведенных исследований по их повторному использованию на территории республики.*

Ключевые слова*: Республика Каракалпакстан, коллекторно-дренажные воды, минерализация, гидрологический и гидрохимический режим, повторное использование.*

Chembarisov E.I., Balliev A.I.

Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems, Tashkent, Uzbekistan

THE STATE OF COLLECTOR AND DRAINAGE WATERS OF THE IRRIGATED TERRITORY OF KARAKALPAKSTAN AND THE GENERALIZATION OF FIELD STUDIES ON THEIR USE

Abstract. *Currently, in all regions of Uzbekistan in the irrigated zone, a collector-drainage network exists and operates. Hydrological and hydrochemical monitoring of its work began in the 1970s. Such a network also exists in the irrigated zone of the Republic of Karakalpakstan, the length of which is currently 20,614.7 km, and the main collectors are KS-1, KS-3, KS-4, GLK. In recent years, the volume of collector-drainage water (CDW) of the irrigated territory of the republic has reached 1.6-2.0 km3, which varies depending on the water content of the river. Amu Darya. Despite the increased mineralization (up to 3.9-4.5 g/l), part of this water in dry years can be reused for irrigation of agricultural crops, as indicated in the "Concept for the development of water management of the Republic of Uzbekistan for 2020-2030". At this time, many years of field experience in using these waters have already been accumulated, taking into account various agrotechnical conditions, the mechanical composition of irrigated soils, the salt tolerance of crops and other factors. Based on the above, this article examines the state of the volumes and quality of collector and drainage waters of the Republic of Karakalpakstan during 2010-2021, and also provides a brief summary of the research conducted on their reuse in the territory of the republic.*

Key words: *Republic of Karakalpakstan, collector and drainage waters, mineralization, hydrological and hydrochemical regime, reuse.*

Введение и постановка проблемы. Гидрологический и гидрохимический мониторинг коллекторно-дренажных вод в Узбекистане начался с 1970-годов, хотя сведения об объеме этих вод существуют с 1930 года. Приведем некоторые цифры об объемах этих вод за прошедшие годы по ККАССР (с 1991 г. – Республика Каракалпакстан) в км^3: в 1930 г. – 0,01; в 1947 г. – 0,03; в 1957 г. – 0,04; в 1960 г. – 0,06; в 1965 г. – 0,15; в 1968 г. – 0,35; в 1970 г. – 0,65; в 1985 г. – 2,35; в 1990 г. – 2,33; в 1997 г. – 1,85; в 2001 г. – 0,59; в 2002 г. – 1,20; в 2003 г. – 2,25; в 2004 г. – 1,98; в 2005 г. - 2,40; в 2008 г. – 1,10; в 2010 г. – 2,83; в 2015 г. – 2,48; в 2018 г. – 1,48; в 2021 г. – 1,17. Приведенные цифры свидетельствуют о том, что независимо от различных факторов при ведении мелиоративных и ирригационных мероприятий образуется постоянный коллекторный сток, часть которого в экстремальных условиях можно повторно использовать на орошение и промывку засоленных земель.

Специалистам также известно, что со временем минерализация и химический состав коллекторно-дренажных вод может меняться [22]. В связи с этим в данной статье отмеченная проблема рассмотрена на примере Республики Каракалпакстан, где сельскохозяйственные посевы часто испытывают дефицит в оросительной воде. При этом приведены результаты анализа гидрологического и гидрохимического режимов, краткое обобщение полевых исследований по повторному использованию этих вод в данном регионе, а также рекомендации по их использованию.

Изученность вопроса. Различные гидрологические и гидрохимические характеристики коллекторно-дренажных вод Республики Каракалпакстан изучались многими авторами: А.У. Усмановым [16]; Ф.М. Рахимбаевым [12]; Э.И. Чембарисовым и Б.А. Бахритдиновым [20]; Ч.А. Абдировым [1]; Ш.Б. Толеповой [14]; Б.Е. Аденбаевым [2,3]; Э.И. Чембарисвым и Р.Т. Хожамуратовой [21,22]; Р.Т. Хожамуратовой [17]; М.А. Якубовым [23] и другими.

В своих публикациях А. Усманов [16], описывая методологию оценки качества дренажных вод в целях их использования на орошение и различные характеристики мелиоративного состояния орошаемых земель низовьев Амударьи, приводит некоторые данные о расходах и минерализации коллекторов Каракалпакстана.

Ф.М. Рахимбаев, изучая мелиоративное состояние орошаемых земель низовьев Амударьи, проанализировал изменение минерализации воды в отдельных коллекторах региона за 1968-1976 гг. [12].

Э.И. Чембарисов и Б.А. Бахритдинов в своей монографии, описывая гидрохимию поверхностных вод бассейна Амударьи, расмотрели состояние коллекторов Республики Каракалпакстан и составили графики их внутригодового изменения за 1985-1988 гг., когда средняя минерализация КДВ по региону была равна 3,04 г/л, при этом в 1986 г. с орошаемой территории Каракалпакстана было отведено 2,35 км^3 коллекторного стока [20].

Ч.А. Абдиров, Л.Г. Константинова и Е.К. Курбанбаев, рассматривая качество поверхностных вод низовьев Амударьи в условиях антропогенного преобразования пресноводного стока, приводят некоторые данные по химическому составу воды в магистральных коллекторах КС-4, КС-3, КС-1, ККС за 1989 гг. [1].

Ш.Б. Толепова, Р.Е. Курбанбаев, Б.С. Тлеумуратова, описывая состояние коллекторно-дренажных вод Республики Каракалпакстан, приводят их гидрохимические характеристики за период 1997-2002 гг. [14].

Б.Е. Аденбаев в своих работах [2,3] уделяет определённое внимание анализу изменения содержания главных ионов в отдельных коллекторах Республики Каракалпакстан.

Э.И. Чембарисов, Р.Т. Хожамуратова в своей монографии “Коллекторно-дренажные воды Республики Каракалпакстан” привели обобщенные сведения об объемах, минерализации и химическом составе коллекторно-дренажных вод Республики

Каракалпакстан за 1960-2007 гг. с выделением особенностей магистральных и межхозяйственных коллекторов [21].

Р.Т. Хожамуратова, изучая гидрологическую роль коллекторно-дренажную вод Республики Каракалпакстан в условиях дефицита водных ресурсов, оценила различные гидрологические и гидрохимические характеристики этих вод за два периода: а) 1960-1990 гг. и б) 1991-2007 гг. [17].

Многочисленные данные по объемам и минерализации коллекторно-дренажных вод по различным регионам Республики Узбекситан, включая и Республику Каракалпакстан, приведены в монографии М.А. Якубова, Х.Э. Якубова и Ш.Х. Якубова, в частности, в они отмечают, что в Республике Каракалпакстан коллекторно-дренажный сток в 1985 г. был равен 2,94 км^3 со средней минерализацией 2,95 г/л, в 1990 г. – 2,33 км^3 с минерализацией 4,22 г/л, а в 1997 г. – 1,85 км^3 с минерализацией 4,21 г/л [23].

В приведенных публикациях авторов, в основном, приведены гидрологические и гидрохимические данные по коллекторным водам Республики Каракалпакстан за прошедшие годы. В натсоящей статье освещаются соответствующие вопросы на материалах 2010-2021 гг.

Цель и задачи работы. Целью работы является анализ современного гидрологического и гидрохимического состояния магистральных коллекторов Республики Каракалпакстан, а также обобщение полевых исследований по возможностям повторного использования их стока на территории рассматриваемого региона. Основными задачами при этом явились обработка результатов анализа в виде цифровых графических характеристик водного и гидрохимического режимов магистральных коллекторов и составление рекомендаций по их использованию.

Материалы и методы. В проведенных расчетах и построенных графиках были использованы фондовые материалы республиканской мелиоративной экспедиции за 2010-2021 гг. Среднемноголетние характеристики были получены расчетным путем. При изучении химического состава различных коллекторов был использован метод, при котором определялось содержание главных ионов в % эквивалентной форме. При этом в названии химического состава учитывались ионы, содержание которых превышало 20 % экв, а преобладающий ион ставился последним [20].

Результаты и их обсуждение. *Оценка приближенного водно-солевого баланса за многолетний период.* Согласно собранным и проанализированным данным, наименьшие объемы коллекторно-дренажного стока (0,45-0,79 км^3). В Каракалпакстане наблюдались в 1968-1972 гг., при этом средняя расчетная минерализация изменялась от 2,48 до 4,27 г/л.

В период 1973-1976 гг. объемы коллекторно-дренажного стока возросли до 0,82-1,52 км^3, средняя величина минерализации изменялась в пределах 1,96-4,2 г/л.

В 1986-1990 гг. объемы коллекторно-дренажного стока возросли до 1,9-2,6 км^3, средняя величина минерализации изменялась в пределах 3,91-4,33 г/л.

В эти годы поступление солей с оросительной водой изменялось от 6942,49 до 9088,74 тыс. т, а вынос солей изменялся от 8971,80 до 10487,28 тыс. т, причем вынос солей превышал их поступление, т.е. солевой баланс был отрицательным.

Сведения о приближенном солевом балансе орошаемой территории Республики Каракалпакстан за 2000-2021 гг. приведены в таблице 1.

Сток коллекторно-дренажных вод на территории республики за период 2000-2021 гг. изменялся в пределах от 2173,1 млн м^3 (2001 г.) до 8350,4 млн м^3 (2010 г.), средняя величина минерализации коллекторно-дренажных вод колебалась от 3,04 г/л (2003 г.) до 4,31 г/л (2000 г.), вынос солей коллекторно-дренажными водами варьировал от 2472,8 тыс. т (2001 г.) до 9659,9 тыс. т (2017 г.). При этом положительный солевой баланс наблюдался в 2001-2003, 2005, 2009, 2011-2014 и 2021 гг., а отрицательный – в 2000, 2004, 2006-2008, 2010, 2015-2020 гг.

Таблица 1

Приближенный водно-солевой баланс орошаемой зоны Республики Каракалпакстан за 2000-2021 гг.

Годы	Приходная часть		*Поступление солей, тыс. т*	Расходная часть		*Вынос солей, тыс. т*	Изменение количества солей, тыс. т
	Суммарный водозабор на орошение, млн м^3	минерализация оросительной воды, г/л		сток дренажно-сбросных вод, млн м^3	минерализация дренажно-сбросных вод, г/л		
		плотный остаток	плотный остаток		плотный остаток	плотный остаток	плотный остаток
2000	3594,7	1,265	4547,29	1572,2	4,312	6779,32	-2232,03
2001	2173,1	1,399	3040,17	589,9	4,192	2472,86	567,31
2002	5812,12	1,013	5887,68	1201,5	3,122	3751,18	2136,6
2003	8029,89	1,097	8808,79	2249,5	3,045	6849,73	1959,06
2004	6841,61	1,05	7183,69	1980,9	3,665	7260	-76,31
2005	8152,93	0,979	7981,72	2404,3	3,195	7681,74	299,98
2006	7023,99	1,121	7873,89	2248,7	3,583	8057,09	-183,2
2007	6206,22	1,145	7106,12	1989,3	3,845	7648,86	-542,74
2008	2736,8	1,312	3590,68	1100,1	4,222	4644,62	-1053,94
2009	7195,49	1,092	7857,48	1348,5	3,479	4691,43	3166,04
2010	8350,4	0,912	7615,56	2833	3,376	9564,21	-1948,64
2011	4852,8	1,119	5430,28	1300,1	3,648	4742,76	687,52
2012	7459,5	0,974	7265,55	2294,2	3,05	6997,31	268,24
2013	6155,7	1,016	6254,191	1712,2	3,312	5670,806	583,385
2014	6115,8	1,015	6207,537	1630,7	3,564	5811,815	395,722
2015	6921,1	0,934	6464,307	2481,9	3,45	8562,555	-2098,25
2016	6466,72	1,01	6531,387	2196,6	3,76	8259,216	-1727,83
2017	7108,14	1,052	7179,221	2569,14	3,692	9659,966	-2480,75
2018	4249,8	1,121	4764,026	1483,59	4,023	5968,906	-1204,88
2019	6818,35	0,932	6351,293	2391,48	3,427	8194,919	-1843,63
2020	5299,49	1,113	5899,468	1691,35	4,015	6790,045	-890,577
2021	4457,03	1,15	5123,635	1168,16	3,975	4642,998	480,637

Таблица рассчитана авторами по материалам мелиоративной экспедиции Республики Каракалпакстан.

В последние годы стало наблюдаться некоторое рассоление орошаемой территории, о чем свидетельствует преобладание выноса легкорастворимых солей над их поступлением.

Внутригодовые изменения расходов и минерализации воды. Основываясь на четырех типах гидрохимического режима, нами проведен анализ внутригодового изменения расходов и минерализации воды для магистральных коллекторов КС-1, КС-3, КС-4, ККС за 2000-2009 гг., 2010-2021 гг. и за 2000-2021 гг. (рис. 1).

В коллекторе КС-4 в 2000-2009 гг. наблюдался первый тип гидрохимического режима, когда с ростом расходов воды величина их минерализации несколько понижалась.

В 2000-2009 гг. в коллекторе КС-1 наблюдался третий тип гидрохимического режима, когда при заметном росте среднемесячных расходов воды, их величина минерализации изменялась незначительно (расходы воды от 5,40 м^3/с в апрель до 10,60 м^3/с в июле, а минерализация от 3,15 г/л в октябре до 4,33 г/л в мае).

Такая же картина наблюдается и во внутригодовом изменении расходов воды и величины минерализации в период 2010-2021 гг.

Аналогичная картина наблюдается и на графике внутригодового гидрохимического режима в коллекторе КС-1 за весь период 2000-2021 гг.



Рис. 1. Внутригодовые изменения расходов воды (Q, м³/с) и минерализации (М, г/л) в коллекторах КС-4 (а,б,в) и КС-1 (г,д,е) в 2000-2009 гг., 2010-2021 гг. и 2000-2021 гг.
Рисунок составлен авторами по данным мелиоративной экспедиции Республики Каракалпакстан

В коллекторе КС-3 в 2000-2009 гг. наблюдался четвёртый, сложный тип гидрохимического режима, состоящий в этом случае из сочетания элементов второго и третьего типов. В этот период величины среднемесячных расходов воды изменялись от 2,10 м³/с в мае до 3,72 м³/с в августе, а величина минерализации от 3,0 г/л в августе, до 5,88 г/л в июле.

В 2010-2021 гг. в данном коллекторе наблюдался третий тип гидрохимического режима, когда при заметном росте расходов воды величина минерализации менялась незначительно.

В 2000-2021 гг. в коллекторе наблюдался четвёртый, сложный тип гидрохимического режима, состоящий из признаков третьего и первого типов.

В коллекторе ККС в 2000-2009 гг. наблюдался третий тип гидрохимического режима, когда при изменении расходов воды величина её минерализации меняется незначительно.

В 2010-2021 гг. также наблюдался третий тип гидрохимического режима.

В 2000-2021 гг. в коллекторе в целом отмечался 3-тип, когда при изменении расходов воды их величина минерализации менялась незначительно.

Анализ изменения величины минерализации и содержания главных ионов. В Кунградском районе динамика величина минерализации и содержания главных ионов в 2021 г. была определена для Главного Левобережного (ГЛК) (табл. 2).

Таблица 2

Изменение величины минерализации и содержания главных ионов в коллекторах Республика Каракалпакстан в течение 2021 г., в г/л

(по данным мелиоративный экспедиции)

Коллектор Главный левобережный, Кунградский район							
	HCO^-_3	CL^-	SO_4^{-2}	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^+	Минерализации
I	0,677	1,326	0,260	0,272	0,344		3,18
III	0,374	0,8242	1,371	0,413	0,280	0,340	3,71
VI	0,315	1,040	1,608	0,380	0,284	0,590	4,30
VII	0,246	0,858	1,585	0,387	0,244	0,504	3,90
IX	0,240	0,578	1,165	0,460	0,212	0,49	2,89
XII	0,417	0,743	1,360	0,433	0,312	0,230	3,52
Сред.	0,307	0,790	1,406	0,392	0,258	0,346	3,58
Коллектор КС-3, Кегейлийский район							
I	0,230	0,512	1,299	0,200	0,272	0,297	2,87
III	0,305	0,611	1,168	0,267	0,208	0,371	2,98
VI	0,325	1,287	1,830	0,340	0,296	0,885	5,07
VII	0,234	1,205	1,760	0,240	0,264	0,938	4,75
IX	0,214	1,304	2,025	0,587	0,336	0,588	5,17
XII	0,244	1,271	2,005	0,433	0,460	0,510	5,07
Сред.	0,259	1,032	1,681	0,346	0,306	0,598	4,32

Таблица рассчитана авторами

Содержание гидрокарбонатного иона (HCO_3^-) за наблюденные месяцы изменилось от 0,218 г/л (январь) до 0,417 г/л (декабрь), в среднем за отмеченные месяцы его величина была равна 0,307 г/л.

Содержание хлоридного иона (Cl^-) изменялось от 0,578 г/л (сентябрь) до 1,040 г/л (июнь), в среднем за отмеченные месяцы его величина была равна 0,790 г/л.

Содержание сульфатного иона (SO_4^-) изменялось от 1,165 г/л (сентябрь) до 1,608 г/л (июнь), в среднем за отмеченные месяцы его величина равна 1,406 г/л.

Содержание иона кальция (Ca^{+2}) изменялось от 0,260 г/л (январь) до 0,460 г/л (сентябрь), в среднем за отмеченные месяцы его величина равнялась 0,392 г/л.

Содержание иона магния (Mg^{+2}) изменялось от 0,212 г/л (сентябрь) до 0,312 г/л (декабрь), в среднем за отмеченные месяцы его величина была равна 0,258 г/л.

Содержание иона натрия (Na^+) изменялось от 0,095 г/л (сентябрь) до 0,590 г/л (июнь), в среднем за отмеченные месяцы его величина была равна 0,346 г/л.

Величина минерализации изменялась от 2,89 г/л (сентябрь) до 4,30 г/л (июнь), в среднем за отмеченные месяцы её величина была равна 3,58 г/л.

В **Кегейлийском районе** динамика величины минерализации и содержания главных ионов была изучена на примере коллектора КС-3 (табл. 2).

Содержание гидрокарбонатного иона (HCO_3^-) за наблюденные месяцы изменилось от 0,214 г/л (сентябрь) до 0,325 г/л (июнь), в среднем за отмеченные месяцы его величина была равна 0,259 г/л.

Содержание хлоридного иона (Cl^-) изменялось от 0,512 г/л (январь) до 1,304 г/л (сентябрь), в среднем за отмеченные месяцы его величина была равна 1,032 г/л.

Содержание сульфатного иона (SO_4^-) изменялось от 1,168 г/л (март) до 2,025 г/л (сентябрь), в среднем за отмеченные месяцы его величина равна 1,681 г/л.

Содержание иона кальция (Ca^{+2}) изменялось от 0,200 г/л (январь) до 0,587 г/л (сентябрь), в среднем за отмеченные месяцы его величина равна 0,345 г/л.

Содержание иона магния (Mg^{+2}) изменялось от 0,208 г/л (март) до 0,460 г/л (декабрь), в среднем за отмеченные месяцы его величина равнялась 0,306 г/л.

Содержание иона натрия (Na^+) изменялось от 0,297 г/л (январь) до 0,938 г/л (август), в среднем за отмеченные месяцы его величина была равна 0,598 г/л.

Величина минерализации изменялась от 2,87 г/л (январь) до 5,17 г/л (сентябрь), в среднем за отмеченные месяцы её величина была равна 4,32 г/л.

Проведенный анализ динамики минерализации и содержания главных ионов с учетом цифровых данных может быть использован специалистами при оценке ирригационного качества коллекторных вод в различные месяцы по наиболее применяемым на практике эмпирическим формулам. В дальнейшем необходимо точно фиксировать сроки поливов и промывок сельскохозяйственных угодий, а также изучить более подробно гидрологический режим рассмотренных коллекторов.

Несмотря на значительные объемы коллекторно-дренажных вод, они практически не используются в сельском хозяйстве и отводятся в пустынные понижения или в ближайшие озера.

О возможности повторного использовании этих вод в целях ирригации указывают полевые исследования ученых-мелиораторов, среди которых можно отметить труды В.М. Легостаева [9], Г.А. Ибрагимова [5], А.У. Усманова [16], Ф.М. Рахимбаева [12], А.Р. Рамазанова и А.Р. Ражабова [11], Т.П. Глуховой и Г.А. Стрельниковой [4], Д.Д. Матмуратова и др. [10], К.А. Косназарова и др. [6], Р.Т. Хожамуратовой [17, 18], Р.М. Кошекова [7], С.Е. Курбанбаева и др. [8]. Ниже опишем результаты исследований некоторых из этих ученых.

А.У. Усманов занимался вопросами методологии оценки качества дренажных вод в целях использования их на орошение. Критически оценив существующие критерии оценки пригодности воды для орошения, он предложил свою классификацию качества коллекторных вод, дифференцированную по химическому составу. При этом автор выделил хорошие воды (от 0,2 до 1,0 г/л), удовлетворительные (до 6,0 г/л) и плохие (более 6,0 г/л) [16].

А.Р. Рамазанов и А.Р. Ражабов рассмотрели перспективы использования минерализованных вод для орошения хлопчатника в различных областях Узбекистана. Основываясь на многолетних собственных наблюдениях, авторы пришли к следующим выводам:

1) дренажную воду для поливов хлопчатника следует применять только в смеси с арычной (речной) водой; 2) при этом минерализация смешанной воды при орошении легко- и среднесуглинистых почв не должна превышать 3-4 г/л, а тяжелосуглинистых и глинистых почв 2,0-2,5 г/л; 3) при этом до цветения хлопчатник лучше поливать арычной водой, и только после – минерализованной [11].

Д.Д. Матмуратов, А.Р. Рамазанов и К.А. Саятов описали свои многолетние наблюдения за орошением риса минерализованными водами в пределах оросительной системы совхоза «50 лет ВЛКСМ». В своем заключительном выводе авторы пишут, что дренажно-сбросные воды рисоводческих совхозов с минерализацией 2,0-2,5 г/л в

принципе можно повторно использовать для орошения риса, при этом нужно учитывать дренированность территории [10].

Т.П. Глухова и Г.А. Стрельникова [4] на основании собственных многолетних наблюдений установили региональные показатели оценки минерализованных вод для орошения хлопчатника. Авторы рекомендуют использовать на поливы хлопчатника в зависимости от механического состава почв воду со следующий минерализацией (г/л): для тяжело- и среднесуглинистых почв – 2,5-3,0; легкосуглинистых – до 3-4; супесей – до 4-5; песков – до 5-6 г/л. Концентрация хлора в воде не должна превышать соответственно 0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5 и 0,6-0,7 г/л [4].

При участии Р.Т. Хожамуратовой в конце 1990-х и начале 2000 годов были проведены исследования по выращиванию кормовых (сорго, кукуруза) и овощебахчевых (дыня, арбуз, томаты) культур с использованием для поливов минерализованных коллекторно-дренажных вод (2,0-3,0 г/л) на территории фермерских хозяйств «Каракалпак» и «Кенес» Чимбайского района. Полученные результаты показали следующее: урожайность выращиваемых культур при орошении минерализованной водой (до 2,5 г/л) была в пределах обычной нормы [17].

Р.Т. Хожамуратова также участвовала в полевых опытах по орошению минерализованной водой различных солеустойчивых культур (сорго, африканское просо, сорго-суданская трава на орошенном дне Аральского моря (участок в устье коллектора КС-1), а также на опытных участках в хозяйствах «Ойбек» и «Садык». Был получен следующий вывод: независимо от вида культур при превышении минерализации полевых вод более 4,0 г/л их рост и развитие замедляются, и это отрицательно сказывается на их урожайности. В конце проведенных полевых исследований автор отмечает, что коллекторно-дренажную воду с минерализаций до 3,0 г/л можно использовать для орошения солеустойчивых сельскохозяйственных культур, а для промывок сильно засоленных земель можно использовать воду с минерализаций 4-10 г/л [18].

Последний вывод был также подтвержден Р.М. Кошековым, который провел полевые исследования по промывкам сильнозасолённых почв минерализованными водами на территории отдельных хозяйств Амударьинского, Ходжейлийского и Кегелийского районов республики [7].

С.Е. Курбанбаев, И. Каипов и др. рассмотрели пути использования коллекторных вод для обводнения пастбищно-сенокосных угодий в дельте реки Амударьи, в качестве выводов они отмечают следующее: 1) в низовьях реки Амударьи коллекторные воды имеют повышенную минерализацию (до 3,6-5,4 г/л), поэтому эти воды для повторного орошения можно использовать в исключительных случаях (очень маловодные годы), с соблюдением различных агротехнических требований; 2) коллекторные воды повышенной минерализации (до 6-10 г/л) можно использовать для обводнения озер и пастбищно-сенокосных угодий, расположенных за пределами орошаемой зоны [8].

Выводы. В последние годы объем коллекторно-дренажных вод, образующихся на орошаемой территории Республики Каракалпакстан колебался от 1,17 км^3 (2021 г.) до 2,39 км^3 (2019 г.). Для сравнения отметим, что в 2000-2001 гг. он был равен 0,71-0,87 км^3, а в 1968-1969 гг. – 0,45-0,64 км^3.

Нужно отметить, что вся орошаемая территория данного региона характеризуется крайне слабой дренированностью и требует наличия достаточной коллекторно-дренажной системы (КДС), длина которой в 2021 г. достигла 20614,7 км. На сегодняшний день построены и находятся в эксплуатации такие крупные магистральные коллекторы, как КС-1, КС-3, КС-4, ККС, ГЛК.

Проведенный анализ собранных материалов показывает, что в 2012-2022 гг. в коллекторе КС-1 среднегодовые расходов воды изменялись от 3,9 м^3/с (2013 г,) до 10,9 м^3/с (2012 г.), а среднегодовая величина минерализации варьировалась от 2,66 г/л (2012 г.) до 4,56 г/л (2021 г.) ; в коллекторе КС-3 среднегодовые расходы воды изменялись от

2,10 м^3/с в мае до 3,72 м^3/с в августе, а среднегодовые величины минерализации менялись от 3,0 г/л в августе до 5,88 г/л в июле.

В коллекторе КС-4 среднегодовые расходы воды изменялись от 1,60 м^3/с в декабре до 3,73 м^3/с в июле, а среднегодовые величины минерализации колебались от 2,25 г/л в октябре до 3,52 г/л в апреле. В ККС среднегодовые расходы воды изменялись от 82 м^3/с в ноябре до 10,5 м^3/с в марте, а среднегодовые величины минерализации от 2,67 г/л в ноябре до 4,48 г/л в мае.

Орошение различных естественных и сельскохозяйственных культур минерализованной водой является вынужденным актом при дефиците пресной воды.

Авторы всех указанных публикаций подчеркивают необходимость выполнения различных требований, направленных на уменьшение отрицательного действия соленых вод на развитие и урожайность выращиваемых растений и состояние орошаемых почв.

Не следует орошать сельскохозяйственные культуры водой с минерализацией выше 4-5 г/л, так как важно не только выявить возможность выращивания той или иной сельскохозяйственной культуры на различных почвах, но гораздо важнее сохранить эти почвы незасоленными.

Поливы минерализованными водами можно проводить лишь в экстремальных условиях (например, в маловодные годы) с учетом всех агротехнических требований, предъявляемых к данному процессу.

По величинам минерализации коллекторных вод республики можно отметить, что на территории хлопсеющих хозяйств в верхних зонах Кегейлийского, Чимбайского, Караузякского и Тахтакупырского районов коллекторные воды малопригодны для повторного использования, особенно когда их минерализация равна 3,7-4,8 г/л.

В нижней части магистральных коллекторов вышеуказанных районов минерализация обычно не превышает 2,8-3,1 г/л, поэтому эти воды можно повторно использовать для орошения и обводнения пастбищно-сенокосных угодий.

Использованная литература:

1. Абдиров Ч.А., Константинова Л.Г., Курбанбаев Е.К., Константинова Г.Г. Качество поверхностных вод низовьев Амударьи в условиях антропогенного преобразования пресноводного стока. Ташкент: Фан, 1996. 112 с.
2. Аденбаев Б.Е. Современный гидрологический режим и водообеспеченности низовьев реки Амударьи: автореф. дисс. доктора (DSc) геогр. наук. Ташкент, 2019. 67 с.
3. Аденбаев Б.Е. Формирование гидрохимического режима водных объектов низовьев р. Амударьи в условиях изменения водохозяйственной обстановки: автореф. дисс. … канд. геогр. наук. Ташкент, 2006. 22 с.
4. Глухова Т.П., Стрельникова Г.А. Минерализованные воды Узбекистана как резерв орошения. Ташкент: Фан, 1983. 136 с.
5. Ибрагимов Г.А. Использование минерализованных вод на орошение хлопчатника. Ташкент: Фан, 1973. 130 с.
6. Косназаров К.А., Сейпуллаев К.С. и др. Методическое руководство по использованию минерализованных вод для выращивания кормовых и обще-бахчевых культур в условиях Каракалпакии. Нукус: Журналист, 1992. 24 с.
7. Кошеков Р.М. Рациональное использование водных ресурсов и совершенствование мелиоративного состояния орошаемых земель в Республике Каракалпакстан в условиях маловодья. Нукус: Билим, 2018. 171 с.
8. Курбанбаев С., Кайпов И., Каримова О., Баймуратов Р., Жанабаваев И. Пути использования коллекторных вод для обводнения пастбищно-сенокосных угодий в дельте реки Амударьи // Гидрологические и гидроэкологические проблемы Южного Приаралья: настоящее и будущее. Мат-лы респ. научно-практ. конф. Нукус, 2023. С. 34-37.
9. Легостаев В.М. Использование вод повышенной минерализации на орошение. Ташкент: Изд. АН УзССР, 1961. 100 с.
10. Матмуратов Д.Д., Рамазанов А.Р., Саятов К.А. Минерализованные воды-дополнительный источник для орошения риса. Нукус: Каракалпакстан, 1984. 114 с.

11. Рамазанов А.Р., Ражабов А.Р. Перспективы использования минерализованных вод для орошения в Узбекистане. Обзор. Ташкент: Уз НИИНТИ Госплан УзССР, 1980. 27 с.

12. Рахимбаев Ф.М. Мелиорация почв низовьев Амударьи. Ташкент: Узбекистан, 1983. 102 с.

13. Руководство по использованию дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур и промывку засоленных земель. Ташкент: САНИИРИ, 1982. 76 с.

14. Толепова Ш.Б., Курбанбаев Р.Е., Тлеумуратова Б.С. Динамика объема и качества возвратных вод в низовьях р. Амударьи // Вестник ККОАНРУз. 2004. № 1-2. С. 46-49.

15. Указ Президента Республики Узбекистан № УП-6024 «Об Утверждении Концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 гг.» от 10 июля 2020 года

16. Усманов А.У. К вопросу методологии оценки качества дренажных вод в целях использования их на орошение // Труды САНИИРИ. 1978. Вып. 156. С. 55-63.

17. Хожамуратова Р.Т. Гидрологическая роль коллекторно-дренажных вод Республики Каракалпакстан в условиях дефицита водных ресурсов: автореф. дисс. … канд. геогр. наук. Ташкент, 2009. 21 с.

18. Хожамуратова Р.Т. Комплексная оценка влияния мелиорации на гидроэкологическое состояние водных ресурсов Республики Каракалпакстан и пути его уменьшения: автореф. дисс. док. (DSc) геогр. наук. Ташкент, 2020. 65 с.

19. Чембарисов Э.И. Гидрохимия орошаемых территорий (на примере бассейна Аральского моря). Ташкент: Фан, 1988. 104 с.

20. Чембарисов Э.И., Бахритдинов Б.А. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии. Ташкент: Укитувчи, 1989. 232 с.

21. Чембарисов Э.И., Хожамуратова Р.Т. Коллекторно-дренажные воды Республики Каракалпакстан. Нукус: Билим, 2008. 57 с.

22. Чембарисов Э.И., Хожамуратова Р.Т. Комплексная оценка влияния мелиорации на гидроэкологическое состояние водных ресурсов Республики Каракалпакстан и пути его уменьшения. Ташкент: Навруз, 2020. 156 с.

23. Якубов М.А., Якубов Х.Э., Якубов Ш.Х. Коллекторно-дренажный сток Центральной Азии и оценка его использования на орошение. Ташкент: Узбекистан, 2011. 189 с.

References:

1. Abdirov Ch.A., Konstantinova L.G., Kurbanbaev E.K., Konstantinova G.G. (1996), *The quality of surface waters of the lower reaches of the Amu Darya in conditions of anthropogenic transformation of freshwater runoff,* Tashkent, 112 p. (In Russ.).

2. Adenbaev B.E. (2019), *Modern hydrological regime and water availability of the lower reaches of the Amudarya River: abstract of the diss. of the doctor (DSc) in geographical sciences,* Tashkent, 67 p. (In Russ.).

3. Adenbaev B.E. (2006), *Formation of the hydrochemical regime of the water bodies of the lower reaches of the Amudarya river in conditions of changing water management situation: abstract of diss. … cand. of geogr. sciences,* Tashkent, 22 p. (In Russ.).

4. Glukhova T.P., Strelnikova G.A. (1983), *Mineralized waters of Uzbekistan as an irrigation reserve*, Tashkent, 136 p. (In Russ.).

5. Ibragimov G.A. (1973), *The use of mineralized waters for cotton irrigation,* Tashkent, 130 p. (In Russ.).

6. Kosnazarov K.A., Seipullaev K.S. and others (1992), *Methodological guidance on the use of mineralized waters for the cultivation of forage and general melon crops in Karakalpakstan*, Nukus, 24 p. (In Russ.).

7. Koshekov R.M. (2018), *Rational use of water resources and improvement of the reclamation condition of irrigated lands in the Republic of Karakalpakstan in conditions of low water,* Nukus, 171 p. (In Russ.).

8. Kurbanbaev S., Kaipov I., Karimova O., Baymuratov R., Zhanabavaev I. (2023), Ways of using collector waters for irrigation of pasture and hay lands in the delta of the Amu Darya River, *Hydrological and hydroecological problems of the Southern Aral Sea region: present and future, materials of Republican Scientific and Practical Conference*, Nukus, p. 34-37. (In Russ.).

9. Legostaev V.M. (1961), *The use of waters of increased mineralization for irrigation,* Tashkent, 100 p. (In Russ.).

10. Matmuratov D.D., Ramazanov A.R., Sayatov K.A. (1984), *Mineralized waters are an additional source for rice irrigation*, Nukus, 114 p. (In Russ.).

11. Ramazanov A.R., Razhabov A.R. (1980), *Prospects for the use of mineralized waters for irrigation in Uzbekistan. Review*, Tashkent, 27 p. (In Russ.).

12. Rakhimbaev F.M. (1983), *Soil reclamation of the lower reaches of the Amu Darya*, Tashkent, 102 p. (In Russ.).

13. *Guidelines for the use of drainage water for irrigated crops and the washing of saline lands* (1982), Tashkent, 76 p. (In Russ.).

14. Tolepova Sh.B., Kurbanbaev R.E., Tleumuratova B.S. (2004), Dynamics of volume and quality of return waters in the lower reaches of the Amudarya River, *Bulletin of KCOANRUz*, No. 1-2, p. 46-49. (In Russ.).

15. Decree of the President of the Republic of Uzbekistan No. DP-6024 "*On Approval of the Concept of developed water management of the Republic of Uzbekistan for 2020-2030"* dated July 10, 2020. (In Russ.).

16. Usmanov A.U. (1978), On the issue of methodology for assessing the quality of drainage waters in order to use them for irrigation, *Proceedings of SANIIRI*, issue 156, p. 55-63. (In Russ.).

17. Khozhamuratova R.T. (2009), *The hydrological role of collector and drainage waters of the Republic of Karakalpakstan in conditions of water scarcity: abstract of the diss. ... cand. geogr. sciences*, Tashkent, 21 p. (In Russ.).

18. Khozhamuratova R.T. (2020), *A comprehensive assessment of the bleating of land reclamation on the hydroecological state of the water resources of the Republic of Karakalpakstan and ways to reduce it: abstract of the diss. of the Doctor of Geographical Sciences (DSc),* Tashkent, 65 p. (In Russ.).

19. Chembarisov E.I. (1988), *Hydrochemistry of irrigated territories (on the example of the Aral Sea basin)*, Tashkent, 104 p. (In Russ.)

20. Chembarisov E.I., Bakhritdinov B.A. (1989), *Hydrochemistry of river and drainage waters of Central Asia*, Tashkent, 232 p. (In Russ.).

21. Chembarisov E.I., Khozhamuratova R.T. (2008), *Collector and drainage waters of the Republic of Karakalpakstan*, Nukus, 57 p. (In Russ.).

22. Chembarisov E.I., Khozhamuratova R.T. (2020), *A comprehensive assessment of the bleating of land reclamation on the hydroecological state of the water resources of the Republic of Karakalpakstan and ways to reduce it*, Tashkent, 156 p. (In Russ.).

23. Yakubov M.A., Yakubov H.E., Yakubov Sh.Kh. (2011), *Collector-drainage runoff of Central Asia and assessment of its use for irrigation*, Tashkent, 189 p. (In Russ.).

Сведения об авторах:

Чембарисов Эльмир Исмаилович – Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем (Ташкент, Узбекистан), доктор географических наук, профессор. E-mail: echembar@mail.ru

Баллиев Ажинияз Ибрагимович – Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем (Ташкент, Узбекистан), базовый докторант (PhD). E-mail: ajok90@mail.ru

Information about authors:

Chembarisov Elmir – Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems (Tashkent, Uzbekistan), Doctor of Geographical Sciences, Professor. E-mail: echembar@mail.ru

Balliev Azhiniyaz – Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems (Tashkent, Uzbekistan), basic doctoral student (PhD). E-mail: ajok90@mail.ru

Для цитирования:

Чембарисов Э.И., Баллиев А.И. Состояние коллекторно-дренажных вод орошаемой территории Каракалпакстана и обобщение полевых исследований по их использованию // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2024. № 1-2. С. 74-85.

For citation:

Chembarisov E.I., Balliev A.I. (2024), The state of collector and drainage waters of the irrigated territory of Karakalpakstan and the generalization of field studies on their use, *Central Asian Journal of Geographical Sciences*, No. 1-2, pp. 74-85. (In Russ.).

УДК 551.583 https://doi.org/10.5281/zenodo.12509994

Староватов А.А., Ахмедова Т.А., Сулаймонова Н.Н.

Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Ташкент, Узбекистан.

К ВОПРОСУ ОБ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА НА ЕВРАЗИЙСКОМ КОНТИНЕНТЕ

Аннотация. *В статье выполнен анализ изменения средних летних температур воздуха в различных областях Евразийского материка, а именно: ряды средних летних температур по Ямалу и Фенноскандии за последнее тысячелетие, вариации среднегодовых температур в Ташкенте и вариации солнечной активности. Температурные ряды воздуха за несколько тысячелетий рассмотрены на основе дендрологических исследований. Для каждого ряда температур воздуха вычислена спектральная модель. Дан прогноз возможных изменений климата на ближайшие пятьдесят лет по городу Ташкенту. По результатам данного исследования сделан вывод о том, что многолетние вариации температуры воздуха на Земле связаны с циклами солнечной активности. Это показывает зависимость климата на региональном уровне от Солнца. Учёт данных обстоятельств даст учёным больше возможностей прогнозировать климатические условия в определенных областях планеты.*

Ключевые слова: *Евразия, реконструкция температур, дендрология, спектральная модель, климатический прогноз, числа Вольфа, солнечная активность.*

Starovatov A.A., Akhmedova T.A., Sulaymanova N.N.

Hydrometeorological Research Institute, Tashkent, Uzbekistan.

ON THE QUESTION OF CLIMATE CHANGE IN THE EURASIAN CONTINENT

Abstract. *This article examines the analysis of changes in average summer air temperatures in various regions of the Eurasian space: series of average summer temperatures in Yamal and Fennoscandia over the past millennium, variations in average annual temperatures in Tashkent and variations in solar activity. Air temperature series over several millennia are considered on the basis of dendrological measurements. For each air temperature series, a spectral model was calculated and a forecast of possible climate changes for the next fifty years was given for the city of Tashkent. Based on the results of this study, we found that long-term variations in Earth's air temperatures are associated with solar activity. This suggests that regional climate is influenced by the Sun; with their help, scientists will be better able to predict climate conditions in certain areas.*

Key words*: Eurasia, temperature reconstruction, dendrology, spectral model, climate forecast, Wolf numbers, forecast, solar activity.*

Введение и постановка проблемы. Климат определенной местности является её важной физико-географической характеристикой, поскольку он отражает многолетний режим погоды. Изучение изменения климатических элементов на протяжении длительных временных интервалов продолжает оставаться одной их важных задач климатологов.

Исторические источники дают представление о климате Средней Азии в последние тысячелетия. В источниках содержатся многочисленные сообщения об аномально суровых зимах с обильными снегопадами, которые ярко характеризуют изменчивость среднеазиатской погоды. Так, в исторической хронике XI века содержится наиболее раннее и весьма интересное описание необычной для Самарканда зимы 635-636 гг.: «Это было в 14 году по календарю Хиджры. В том году выпал в Самарканде великий снег, и с того времени никто не помнит другого такого снега. Тот снег был в таком количестве, что целый год оставался и не могли от него очиститься. Не осталось никакой культуры. Табуны и стада в степях погибли и погребены были под снегом» [9,

с. 14]. Историк В.Л. Вяткин, приводящий эту цитату, относит эту зиму не к 14 г. Хиджры (635-636 гг.), а к 114 г. (732-733 гг.), когда из-за неурожая в Самарканде наступил сильный голод.

В 921-922 гг. наблюдалась холодная зима в Самарканде и Хорезме. Амударья промерзла кое-где до дна, а в нижнем течении тольщина льда достигала 17 четвертей (3-3,5 м). Река оставалось скованной льдом с конца ноября до середины февраля. От морозов трескалась земля, в пути гибли караваны верблюдов. Снег в северных районах держался еще в марте [9].

Также холодная и снежная зима наблюдалась в 1034 и 1038 годах. В южных районах Средней Азии минимальная температура опускалась до -17ºС [8].

В XIV-XV веках в Средней Азии часто наблюдались снежные и холодные зимы. Это 1316, 1333, 1338-1339, 1343, 1388-1389, 1402-1404, 1496 годы. Они, в свою очередь, совпадают с периодом сильнейшего похолодания в Европе. Испанский посол Кастильского короля Генриха III Рюи Гонзалес де Клавихо в своем дневнике сделал небольшое замечание о погоде во время посещения ставки Амира Тимура. «Зима 1404-1405 годов была одна из самых холодных, какие вообще бывают в Туркестане. С декабря до февраля все переправы на Амударье и Сырдарье оставались покрыты льдом» [9, с. 16]. Далее по пути следования Клавихо отмечает многоснежье в Хорасане, Мидии и Персии. Из изложенного явствует, что холодная зима 1404-1405 гг. охватила огромный регион от Средней Азии до Персии, Кавказа и Турции.

Известно, что климат планеты претерпевает периодические изменения. Ледниковые периоды через тысячи лет сменяют друг друга. Наряду с глобальными вариациями возможны изменения продолжительностью в несколько столетий. Согласно геологическим исследованиям, средняя температура на нашей планете колебалась между 7^0С и $+27^0$С в разные геологические периоды. В настоящее время средняя температура планеты земля чуть больше $+14^0$С.

Влияние Солнца на климат в настоящее время является очень актуальной проблемой, особенно в связи с глобальным потеплением, темпы которого за последние 15 лет оказались ниже, чем ожидалось. Все еще остается много вопросов о том, как именно Солнце влияет на климат. Поэтому анализ корреляции динамики климатических элементов и циклов солнечной активности является актуальной и востребованной темой исследований.

Изученность вопроса. В 60-х годах прошлого столетия Л.С. Говоруха и В.М. Макеев проводили исследования на Земле Франца-Иосифа и Северной Земле, в антарктическом оазисе Ширмахера, отбирая и анализируя донные осадки озер для выявления изменений климата, уровня моря и оледенения [5].

В дальнейшем, благодаря усилиям В.М. Макеева, палеоклиматические исследования приобрели статус одного из наиболее важных аспектов деятельности в Отделе географии полярных стран (ОГПС) Арктического и антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ). В последующие годы учеными проведены палеоклиматические исследования на архипелагах Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Северная Земля, Новосибирские острова, на полуостровах Кольском, Таймыр, Ямал, Гыданском, на побережье Северного Ледовитого океана, в устьевых областях рек Оби, Пясины, Нижней Таймыры, Хатанги, Лены, Колымы, на Чукотке [2,5]. Результаты, выполненных в этих районах работ, нашли отражение в многочисленных статьях и частично обобщены в монографиях [1,7].

В течение последних двух десятилетий усилия ученых многих стран позволили обновить сведения о послеледниковых изменениях климата в полярных районах планеты.

Цель и задачи работы. Целью настоящего исследования является разработка комплексного метода прогноза климатических изменений в XXI веке на Евразийском континенте с учетом циклов солнечной активности.

Материалы и методы. Исходные данные – ряды средних летних температур воздуха по Ямалу и Фенноскандии за последнее тысячелетие, вариации среднегодовых температур в Ташкенте и анализ вариаций солнечной активности. Использовались методы дендрохронологии и спектрального анализа на языке программы Matlab.

Предметом исследования являются качественные и количественные показатели связей солнечной радиации, различных элементов климата и явлений природы прошлого с годичным приростом дерева или сообщества деревьев.

В данной работе в качестве **объекта исследований** выбраны три точки, расположенные на Евразийском материке. 1. Северная точка представлена полуостровом Ямал. Этот полуостров находится на севере Западной Сибири, на территории Ямало-Ненецкого автономного округа Российской Федерации. Ямал входит в число самых северных территорий земного шара, где есть живые леса и мириады ископаемых деревьев, сохранившихся по берегам рек [13]. На территории Ямала климат суровый (долгая холодная зима, прохладное короткое лето, сильные ветры). На Ямале распространён субарктический и арктический климат. Средние температуры января колеблются от −23 до −27ºС, июля от +3 до +9ºС. Количество осадков невелико – около 400 мм в год. Толщина снежного покрова составляет в среднем 50 см [11].

2. Второй выбранный объект исследования – Фенноскандия – находится на северо-западе континента. Фенноскандия как физико-географическая страна впервые выделена финским геологом В. Рамзаем в 1898 году в составе Норвегии, Швеции, Финляндии и западной части бывших Олонецкой и Архангельской губерний России. Названа по преобладающему на территории историческому расселению скандинавов и финно-угорских народов. Климат на большей части Фенноскандии умеренный с прохладным летом и значительным количеством осадков, превышающим испаряемость, что определяет обилие озёр, болот и многоводность рек. Основная часть покрыта таёжными сосновыми и еловыми лесами [15].

3. Последний выделенный район был проанализирован на примере города Ташкента (метеостанция Ташкент-Обсерватория), расположенного в центральной части материка. Климат города континентальный, с холодной зимой и жарким, сухим летом. Средняя годовая температура равна 13,4ºС. Среднее годовое количество осадков составляет 423,4 мм [3]. Период регулярных метеорологических наблюдений на метеостанции Ташкент-Обсерватория достаточно большой. Ряды наблюдений за температурой, атмосферными осадками и другими метеоэлементами имеют длину около 150 лет.

Дендроклиматология – область исследований на стыке климатологии и дендрохронологии, изучающий изменение климата данной местности в исторический период времени путём сравнения толщины годичных колец у многолетних древесных растений [10]. Еще в древние времена люди обратили внимание на то, что кольца деревьев, видимые на поперечном спиле, образуются ежегодно, что позволяет точно определить возраст конкретного дерева. В XVI веке Леонардо да Винчи писал о том, что кольца спиленных деревьев показывают количество лет, а также, в зависимости от толщины, какой был год, когда образовалось, то или иное кольцо: влажный или засушливый [12]. Два столетия спустя на зависимость между изменчивостью ширины годичных колец и осадками обратил внимание К. Линней. Исследованиями в области дендрохронологии занимались и видные русские ученые А.Н. Бекетов, Д.И. Менделеев, Ф.Н. Шведов. Как междисциплинарное научное направление дендрохронология начала формироваться в начале XX века на стыке гелиогеофизики, климатологии и археологии. Основателем дендрохронологии считается американский астроном А.Е. Дуглас, который разработал и применил на практике методы получения и использования древесно-кольцевой информации для реконструкции климатических и гидрологических условий, выявления связей между приростом деревьев и солнечной активностью, а также для датировки археологической древесины [14]. В других странах подобные исследования

начали проводиться на 20-30 лет позднее. В первую очередь это относится к Германии, Швеции, Финляндии и Великобритании.

В России после работ Ф.Н. Шведова интерес к изучению годичных колец проявился только в 50-ых годах прошлого века, хотя отдельные работы с использованием этого метода появлялись и раньше. В это время появились многочисленные работы, посвященные различным направлениям исследований с применением дендрохронологического метода: климатологическим, археологическим, геоморфологическим и др. В данной работе для решения поставленной цели использован метод дендрохронологии.

Результаты и их обсуждение. Рассмотрим ход летних температур на Ямале за последние 7000 лет [13]. На рис. 1 (слева) показано изменение этого параметра за указанный интервал времени. На графике выведена каждая тридцатая точка. Легко заметить, что, наряду со столетними вариациями температур присутствует постоянный отрицательный тренд. Ямал неуклонно остывает. На рис. 1 (справа) показано изменение летних температур в Северной Европе (Фенноскандия) за последние 2000 лет [15]. На графике выведена каждая двадцатая точка. Фенноскандия остывает так же, как и Ямал.

Однако более существенны для нашего времени вариации температур воздуха в несколько столетий. Для прогнозирования используется спектральная модель временных рядов температур. Смысл ее в следующем. Известно, что средняя мощность процесса равна сумме мощностей спектральных составляющих [6]. Синусоидальные компоненты с периодом от 1 года до 700 лет с шагом 1 год последовательно вычитаются из исходного ряда. Каждый раз находится дисперсия разностного процесса. Если синусоида действительно существует в исходном ряде, то дисперсия разностного ряда уменьшается. В результате всех этих проб получается ряд, на котором четко выделяются отрицательные экстремумы. Взяв наиболее значимые из них, получим спектральную совокупность, описывающую исходную последовательность. Легко синтезировать спектральный ряд и продлить его на определенное количество лет. Продленную часть модели примем, как прогноз на будущее.

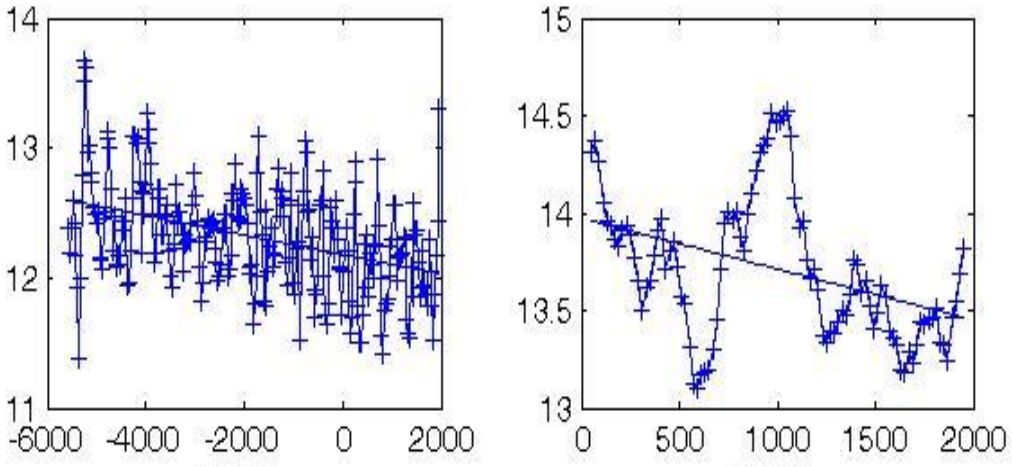


Рис. 2. Тысячелетний ход летних температур на Ямале (слева) и в Фенноскандии (справа)

Недостаток метода в большом количестве затрат машинного времени. Однако затраты окупаются хорошими результатами. Спектральная модель, как правило, содержит несколько десятков синусоидальных компонентов [6].

Корреляция между исходным рядом и спектральной моделью не ниже 0,9. Разложение исходных рядов по методу Фурье либо Бурга дает от силы пять, шесть значимых компонентов. В конечном итоге синтез их не описывает достаточно хорошо изначальную последовательность.

На рис. 2 показаны исходные ряды по Ямалу (слева) и Фенноскандии (справа) -*- и спектральные модели -+- , их описывающие, в интервале с 1900 г. по 2014г. Модели продлены до 2069 г. Спектральные ряды достаточно хорошо описывают изначальную последовательность. Падение средних летних температур начинается с 2000 г. и достигает минимума в середине 21 столетия.

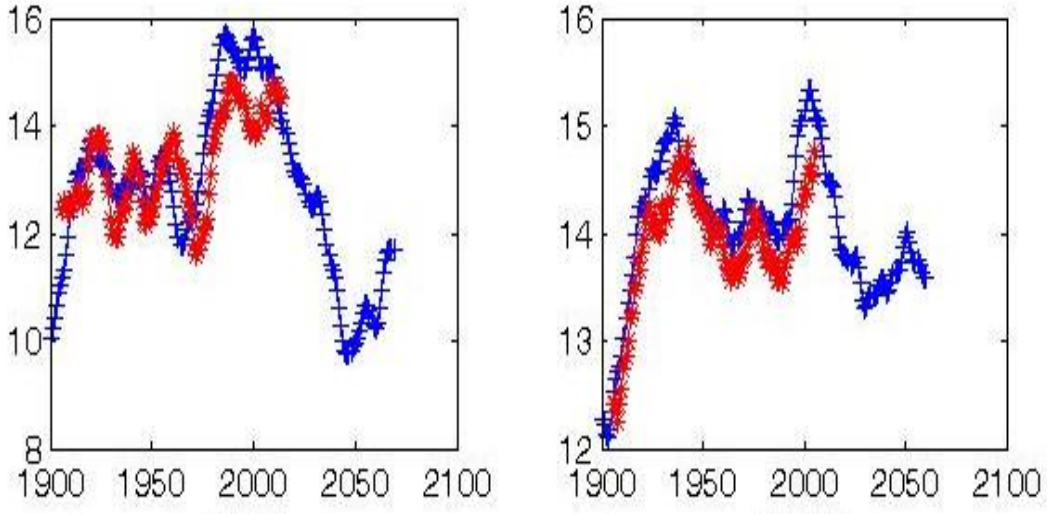
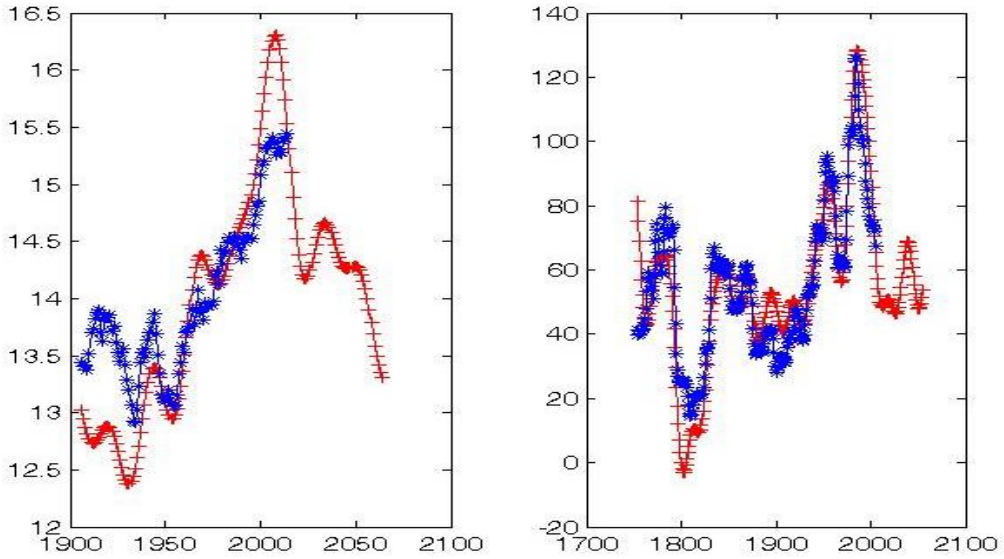


Рис. 3. Прогноз температуры воздуха спектральной модели для Ямала (слева) и Фенноскандии (справа)

На рис. 3 (а) показаны фильтрованные среднегодовые температуры воздуха по г. Ташкенту -*- в интервале 1900-2014 гг. и спектральная модель -+-, описывающая исходный ряд. Модель продлена до 2065 г. Коэффициент корреляции меж рядами 0,94. Минимум среднегодовых температур достигнет в середине XXI столетия.

На рис. 4 (а) представлена многолетняя изменчивость среднегодовой температуры воздуха (^oC) на станции Ташкент-Обсерватория за периоды с начало наблюдений по 2020 г.



а **б**

Рис. 4. Сопоставление данных температур спектральной модели: а – для г. Ташкента, б – Число Вольфа

Рис. 4 (б) отображён фильтрованный ряд чисел Вольфа -*-. Фильтрация была необходима с целью убрать 11-летний цикл. Спектральная модель -+- продлена до 2065 г. Коэффициент корреляции между исходным рядом и моделью 0,91. Нетрудно увидеть сходство между лево и правой частями рис. 4. Следовательно, циклические вариации

температур на Евразийском пространстве, скорее всего, связаны с солнечной активностью.

Выводы. На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы**.** Если обратимся к истории, то можно четко выделить периодические изменения температур воздуха. Известно, что в 1405 г. поход Амира Тимура на Китай был прерван необычно холодной зимой. Как пишет летописец, снега выпало на три копья. Через примерно 300 лет в правление Людовика XIV каналы в Голландии покрылись льдом, а в Москве летом шел снег. Следовательно, можно предположить, что очередной минимум нас ждет в середине XXI столетия.

Многолетние вариации температуры воздуха, связаны с солнечной активностью. Согласно результатам модельного анализа, в ближайшие десятилетия температура воздуха будет постепенно снижаться.

Авторы считают, что в будущем ожидается постепенное похолодание. Готовы ли сегодня страны мира, которые “принимают меры по адаптации к глобальному потеплению”, к глобальному похолоданию? Для нашей аграрной страны изменение климата – вопрос не праздный, поскольку коснется миллионов жителей республики. Это определяет продовольственную безопасность миллионов людей.

Использованная литература:

1. Алексеев Г.В., Подгорный И.А., Священников П.Н. Климатический режим Арктики на рубеже XX и XXI вв. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1991. 199 с.

2. Андреев А.А., Климанов В.В. История растительности и климата Центральной Якутии в голоцене и позднеледниковье. Магадан, 1989. С. 28-51.

3. Глазырин Г.Е., Группер С.Р. Климат Ташкента и его изменения в XX – начале XXI века. Ташкент: НИГМИ, 2008. 53 с.

4. Говоруха Л.С. Новые данные по палеогеографии позднего плейстоцена и голоцена северной земли // ДАН СССР. 1968. Том 182. № 5. С. 1149-1152.

5. Говоруха Л.С., Макеев В.М. Оледенение в западной части плато Путорана в позднем плейстоцене и голоцене // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 1971. № 2. С. 44-53.

6. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. Москва: Мир, 1971. 38 с.

7. Изменения климата полярных областей за последние 10000 лет. Санкт-Петербург: ААНИИ, 2018. 204 с.

8. Петров Ю.В. Бухара: климат и погода. Ташкент: САНИГМИ, 1999. 170 с.

9. Петров Ю.В. Самарканд: климат и погода. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1982. 100 с.

10. Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Мазепа В.С., Наурзбаев М.М., Хантемиров Р.М. Методы дендрохронологии. Часть I. Основы дендрохронологии. Учебно-методич. пособие. Красноярск: КрасГУ, 2000. 80 с.

11. Ямал [Статья из электронной энциклопедии - Википедии] // Эл. доступ: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%BC%D0%B0%D0%BB

12. Fritts H.C. (1976), *Tree Rings and Climate*, New York, 567 p.

13. Hantemirov R.M., Corona Ch., Guillet S., Shiytov S.G., Stoffel M., Osborn T.J., Melvin T.M., Gorlanova L.A., Kukarskih V.V., Surkov A.Y., Georg von Arx, Fonti P. (2022), Current Siberian heating is unprecedented during the past seven millennia, *Nature Communications*. Vol. 13.4968. Doi: 10.1038 s41467-022-32629-x.

14. Hughes M.K., Swetnam T.W., Diaz H.F. (2011), Dendroclimatology: progress and prospects, *Springer*, Vol. 11. 366 p.

15. Matskovsky V.V., Helama S. (2014), Testing long-term summer temperature reconstruction based on maximum density chronologies obtained by reanalysis of tree-ring data sets from northernmost Sweden and Finland, *Climate of the Past*, vol. 10, Issue. 4. P. 1473-1487. Doi: 10.5194/cp-10-1473-2014.

References:

1. Alekseev G.V., Podgorny I.A., Svyashennikov P.N. (1991), *The climatic regime of the Arctic at the turn of the 20th and 21st centuries*, Leningrad, 199 p. (In Russ.).

2. Andreev A.A., Klimanov V.V. (1989), *History of vegetation and climate Central Yakutia in the holocene and late glacial*, Magadan, pp. 28-51. (In Russ.).

3. Glazyrin G.E., Grupper S.R. (2008), *The climate of Tashkent and its changes in the XX - early XXI century*, Tashkent, 53 p. (In Russ.).

4. Govorukha L.S. (1968), New data on paleogeography of the late pleistocene and holocene of the Northern Land, *DAN SSSR*, vol. 182, No. 5, pp. 1149-1152. (In Russ.).

5. Govorukha L.S., Makeev V.M. (1971), Glaciation in the western part of the Putoran plateau in the late pleistocene and Holocene, *Bulletin of Moscow University*. Series 5. Geography, vol. 2, p. 44-53. (In Russ.).

6. Jenkins G., Watts D. (1971), *Spectral analysis and its applications*, Moscow, 38 p. (In Russ.).

7. *Climate change in the polar regions over the past 10000 years (2018)*, St. Petersburg, 204 p. (In Russ.).

8. Petrov Yu.V. (1999), *Bukhara: climate and weather*. Tashkent, 170 p. (In Russ.).

9. Petrov Yu.V. (1982), Samarkand: climate and weather. Leningrad, 100 p. (In Russ.).

10. Shiyatov S.G., Vaganov E.A., Kirdyanov A.V., Kruglov V.B., Mazepa V.S., Naurzbaev M.M., Hantemirov R.M. (2000), *Methods of dendrochronology. Part I. Fundamentals of dendrochronology*, Krasnoyarsk, 80 p. (In Russ.).

11. Yamal // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%BC%D0%B0%D0%BB

12. Fritts H.C. (1976), *Tree Rings and Climate*, New York, 567 p.

13. Hantemirov R.M., Corona Ch., Guillet S., Shiytov S.G., Stoffel M., Osborn T.J., Melvin T.M., Gorlanova L.A., Kukarskih V.V., Surkov A.Y., Georg von Arx, Fonti P. (2022), Current Siberian heating is unprecedented during the past seven millennia, *Nature Communications*. Vol. 13.4968. Doi: 10.1038 s41467-022-32629-x.

14. Hughes M.K., Swetnam T.W., Diaz H.F. (2011), Dendroclimatology: progress and prospects, *Springer*, Vol. 11. 366 p.

15. Matskovsky V.V., Helama S. (2014), Testing long-term summer temperature reconstruction based on maximum density chronologies obtained by reanalysis of tree-ring data sets from northernmost Sweden and Finland, *Climate of the Past*, vol. 10, Issue. 4. P. 1473-1487. Doi: 10.5194/cp-10-1473-2014.

Сведения об авторах:

Староватов Алек Алексеевич – Научно-исследовательский гидрометеорологический институт (Ташкент, Узбекистан), кандидат физико-математических технических наук, старший научный сотрудник.

Ахмедова Тамара Абдурахимовна – Научно-исследовательский гидрометеорологический институт (Ташкент, Узбекистан), кандидат технических наук, старший научный сотрудник. E-mail: t.akhmedova1962@gmail.com.

Сулаймонова Нигора Нозимжоновна – Научно-исследовательский гидрометеорологический институт (Ташкент, Узбекистан), научный сотрудник. E-mail: ufo789@mail.ru.

Information about authors:

Starovatov Alek – Hydrometeorological Research Institute (Tashkent, Uzbekistan), Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher.

Akhmedova Tamara – Hydrometeorological Research Institute (Tashkent, Uzbekistan), Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher. E-mail: t.akhmedova1962@gmail.com.

Sulaymanova Nigora – Hydrometeorological Research Institute (Tashkent, Uzbekistan), Researcher. E-mail: ufo789@mail.ru.

Для цитирования:

Староватов А.А., Ахмедова Т.А., Сулаймонова Н.Н. К вопросу об изменении климата на евразийском континенте // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2024. № 1-2. С. 86-93.

For citation:

Starovatov A.A., Akhmedova T.A., Sulaymonova N.N. (2024), On the question of climate change in the Eurasian continent, *Central Asian Journal of Geographical Sciences*, No. 1-2, pp. 86-93. (In Russ.).

УДК: 556.5 https://doi.org/10.5281/zenodo.12510010

Сагдеев Н.З.[1], Акрамов И.[2]
[1]Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан
[2] Проект ПРООН Узбекистан, Ташкент, Узбекистан

ОТДЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПОСТОВ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ

Аннотация. *В статье приведены результаты мониторинга гидрологических постов, расположенных в Ферганской долине с целью оснащения их автоматическими приборами для измерения расходов воды. Выбраны посты для оснащения. Приведена спецификация требований к приборам. В итоге из 13 постов, предлагаемых к оснащению автоматическими приборами, 8 постов будут проводить мониторинг на постоянной основе, а 5 постов на периодической основе. Также приведены предложения водохозяйственных организаций по улучшению состояния гидрологической сети, полученные при встречах с представителями этих организаций. Рассмотрены вопросы улучшения информационной работы ОЧС по доведению информации до низовых потребителей. Основные предложения сделаны в адрес Узгидромета. Предложения направлены на сохранение имеющихся гидрологических данных при переходе с традиционных видов приборов на предлагаемые к установке. При переходе обратить внимание на выполнение требований действующих Наставлений и рекомендаций ВМО.*

Ключевые слова: *мониторинг, гидрологический пост, автоматические приборы, расход воды, уровень воды, порядок мониторинга, климатические риски, особо опасные гидрологические явления.*

Sagdeev N.Z.[1], Akramov I.[2]

[1]National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan
[2] UNDP Uzbekistan Project, Tashkent, Uzbekistan

SELECTED RESULTS OF MONITORING HYDROLOGICAL POSTS IN THE FERGANA VALLEY

Abstract*. The article presents the results of monitoring hydrological posts located in the Fergana Valley with the aim of equipping them with automatic instruments for measuring water flows. The posts for equipment have been selected. The specification of requirements for devices is given. As a result, of the 13 proposed to be equipped with automatic devices, 8 posts will conduct monitoring on an ongoing basis, and 5 posts on a periodic basis. Also presented are proposals from water management organizations to improve the condition of the hydrological network, received during meetings with representatives of these organizations. Issues of improving the information work of the ESCO to convey information to grassroots consumers are considered. The main proposals were made to Uzhydromet. The proposals are aimed at preserving existing hydrological data during the transition from traditional types of instruments to those proposed for installation. During the transition, pay attention to compliance with the requirements of the current WMO Manuals and Recommendations.*

Key words*: monitoring, hydrological post, automatic devices, water flow, water level, monitoring procedure, climate risks, especially dangerous hydrological phenomena.*

Введение и постановка проблемы. Изменение климата приводит к более частым и интенсивным гидрометеорологическим бедствиям с большими негативными последствиями. Например, экономический ущерб от паводков в Узбекистане, вызванных изменением климата, можно оценить в 236 миллионов долларов США. Узбекистан определил адаптацию к изменению климата в качестве приоритета, в своем первом, определяемом на национальном уровне вкладе в рамках Парижского соглашения, подчеркнув необходимость создания Комплексной системы раннего оповещения (КСРО). Настоящее исследование будет направлено на обеспечение модернизации и

преобразования системы раннего оповещения, основанной на воздействии КСРО (с первоначальным упором на паводки, сели, оползни, лавины и гидрологическую засуху в более густонаселенных и экономически важных восточных горных районах Ферганской долины) – важного элемента системы управления климатическими рисками в стране. С учетом роста климатических рисков, данная система будет способствовать повышению климатической устойчивости населения Узбекистана, включая наиболее уязвимые и бедные сельские сообщества, проживающие в горных районах, которые в настоящее время подвергаются риску опасных природных явлений, вызываемых изменением климата.

Изученность вопроса. В практике гидрологических исследований наблюдались ситуации, когда один отечественный прибор заменялся на новый. При замене приборов всегда соблюдались требования Наставлений и рекомендаций ВМО. Велись параллельные наблюдения обоими приборами. Выполнялся анализ сходимости результатов. Замена традиционных гидрометрических приборов на автоматические, зарубежные приборы производится впервые. В связи с этим соблюдение всех требований, прописанных в Наставлениях и рекомендациях ВМО, вопрос первостепенной важности.

Цели и задачи работы. Цель работы – мониторинг гидрологических постов в Ферганской долине для выявления постов, предлагаемых к оборудованию автоматическими приборами, и усилению мер по раннему предупреждению об опасных гидрометеорологических явлениях (ОГМЯ).

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: по справочным материалам были определены гидрологические посты, действующие в Ферганской долине; были изучены физико-географические, гидравлические и гидрологические условия работы постов; был выполнен мониторинг гидрологических постов с выездом в Ферганскую долину; по результатам мониторинга были предложены восемь постов для пилотного оборудования автоматическими приборами; была составлена спецификация требований для тендера, которым должны отвечать приборы; было предложено три участка для пилотного оборудования компьютерами для усиления мер по раннему предупреждению об ОГМЯ.

Материалы и методы. В Ферганской долине проживает около 30 % населения Узбекистана, в силу этого обстоятельства региону необходимо уделять особое внимание в целях исключения рисков трансграничного изменения климата.

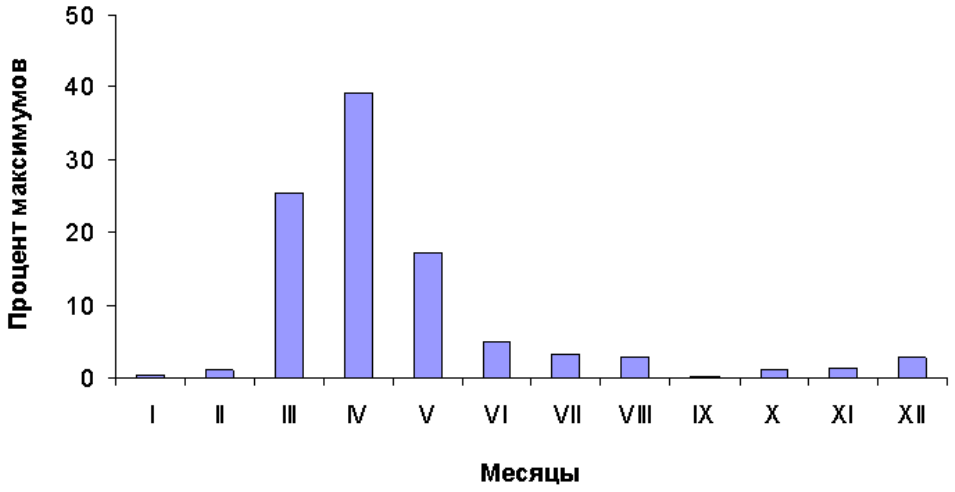


Рис. 1. Доля максимальных расходов воды по месяцам

Учитывая своеобразие режима стока и условий стокообразования малых рек, был выполнен анализ времени и условий формирования максимумов на этих реках. Очень интересны вопросы времени прохождения максимума и участия в его формировании

талых вод. Получено, что максимальные расходы воды на малых реках Узбекистана могут наблюдаться практически в течение всего года (рис. 1). Однако подавляющее большинство максимумов формируется в период март-июнь, т.е. тогда, когда сезонный снежный покров на этих высотах уже сошел. Для доказательства этого обратимся к данным В.Л. Шульца [15]. По его данным на высотах до 2000-2500 м тыл снеготаяния (граница снежного покрова) в зависимости от снежности года приходится на начало марта (реже конец февраля) – конец (третья декада) мая. Другими словами, в бассейнах малых рек к основному периоду формирования максимальных расходов воды сезонный снежный покров практически отсутствует и максимумы, в подавляющем своем большинстве, формируются за счет выпадения интенсивных жидких осадков.

Возвращаясь к вопросу о времени формирования максимумов на водосборах малых рек, добавим, что в период март-июнь зафиксировано 86,8% максимумов за многолетие. Также добавим, что в феврале зарегистрировано лишь 1,1% от общего числа максимумов. Интересным фактом является то, что максимумы наблюдаются достаточно часто и зимой. В среднем для исследуемых рек в январе наблюдается около 3 % максимумов, а вообще зимой (декабрь-февраль) их около 5 % [3].

Необходимо учесть тот факт, что большинство рек Ферганской долины формируются на сопредельных территориях и селевые паводки, сформировавшиеся там, несут угрозу объектам инфраструктуры и населению Узбекистана [15]. Учитывая изложенное выше, была выполнена определенная работа по определению гидрологических постов для установки оборудования для автоматического измерения элементов гидрологического режима [4].

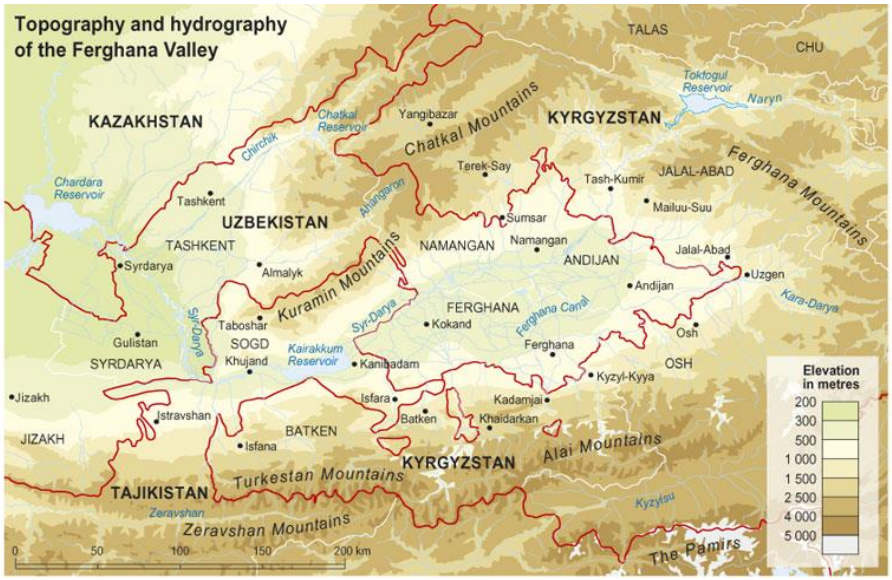


Рис. 2. Карта Ферганской долины

Ситуационный анализ гидрографии и гидрологии рек Ферганской долины. Поверхностные водные ресурсы Республики Узбекистан складываются из внешних водных ресурсов, поступающих по рекам из горных областей Таджикистана и Кыргызстана и внутренних водных ресурсов рек, формирующихся на территории республики. Орографически территория Узбекистана расположена в пределах двух речных бассейнов Центральной Азии – Амударьи и Сырдарьи, занимая их западные и северо-западные части, где горные системы Памиро-Алая и Тянь-Шаня переходят в равнины [3, 14]. Всего в республике насчитывается 17777 естественных водотоков [2]. В бассейне Амударьи их 9930, в бассейне Сырдарьи – 4926 и в междуречье этих рек – 2921. Основная часть рек – водотоки длиной менее 10 км [1, 14].

На рис. 2 приведена карта Ферганской долины. В пределах Ферганской долины Узбекистану принадлежит, в основном, центральная часть долины с отметками

местности ниже 800 м, где невозможно формирование рек. Практически все реки южной, восточной, северо-восточной частей долины формируются в Кыргызстане. Лишь в северо-западной части долины на территории Узбекистана на юго-восточном склоне Кураминского хребта образуются значительные реки Алмассай, Чадаксай, Резаксай, Сарваксай. В бассейнах этих рек на территории Узбекистана насчитывается 243 реки, из них длиною более 10 км всего 7. В то же время почти весь сток рек с горных хребтов, окружающих Ферганскую долину, поступает в Узбекистан. В бассейне Сырдарьи в северной части Ферганской долины Узбекистану принадлежат реки Алмассай, Чадаксай, и нижние части рек Падшаата, Кассансай, Сумсар и Гавасай, сток которых практически полностью поступает в Узбекистан с территории Кыргызстана. В южной части долины в Узбекистан поступает большая часть стока рек Аравансай, Исфайрамсай, Шахимардан и весь сток р. Сох, незначительная часть стока р. Исфары. Практически все эти реки селеопасны, что предполагает необходимость мониторинга гидрологической обстановки на них. На рис. 3. приведены графики колебаний стока на реках Ферганской долины.

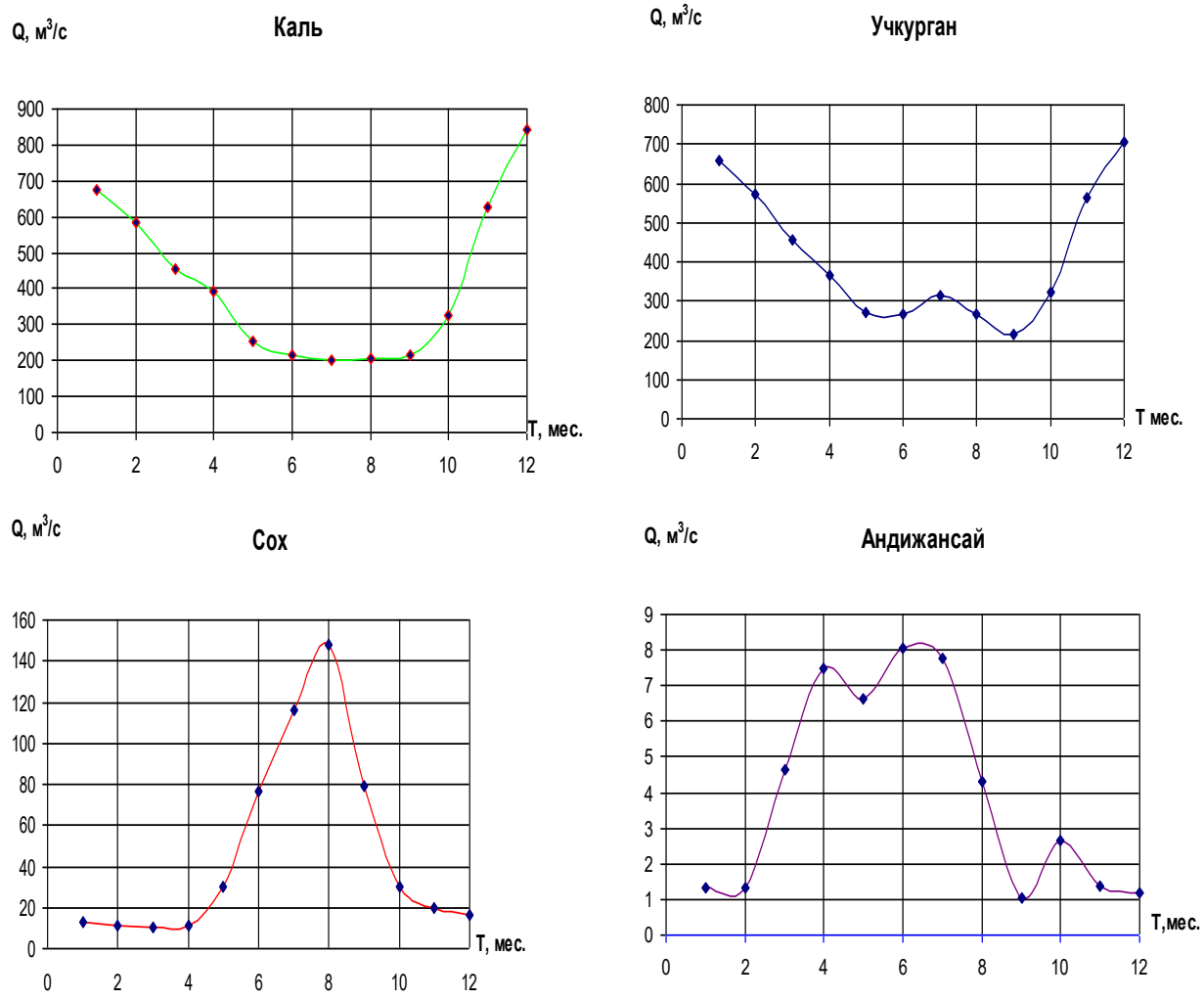


Рис. 3. Примеры хода колебаний стока на реках Ферганской долины

Всего на реках севера Ферганской долины работало в различное время 44 гидрологических поста, измерявших сток 22 рек [6-8, 10]. На основании этих наблюдений на южных склонах Кураминского и Чаткальского хребтов выделяется четыре гидрологических района по характеру зависимости модуля стока от средней взвешенной высоты бассейна.

Первый район охватывает реки южного склона Кураминского хребта примерно от меридиана г. Худжанда на западе до западной границы бассейна р. Аштсай. Реки этого района полностью находятся в Таджикистане.

Второй район включает бассейны рек от Аштсая на западе до Чадаксая включительно – на востоке. В третий район входят бассейны рек Гавасая, Коксарексая, Сумсара и Касансая (за исключением его притока р. Алабука), и в четвертый – реки Алабука, Чанач, Падшаата и Чартаксай. Всего в республику на севере Ферганской долины поступает в 4,5 раза больше водных ресурсов, чем образуется на её территории

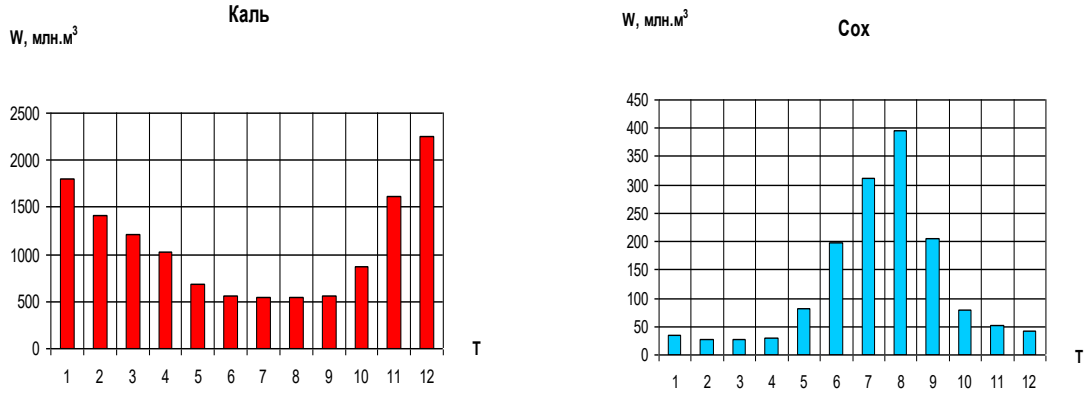


Рис. 4. Примеры внутригодового распределения стока на реках Ферганской долины

По внутригодовому распределению стока реки севера Ферганской долины должны относиться к рекам снегового типа питания и лишь в восточной части Чаткальского хребта к рекам снегово-ледникового типа питания за счет наличия сезонных снежников. На реках узбекской части долины весеннее половодье начинается в марте и заканчивается в июле, имея многопиковый вид. На рис. 4 приведены примеры внутригодового распределения стока на реках Ферганской долины.

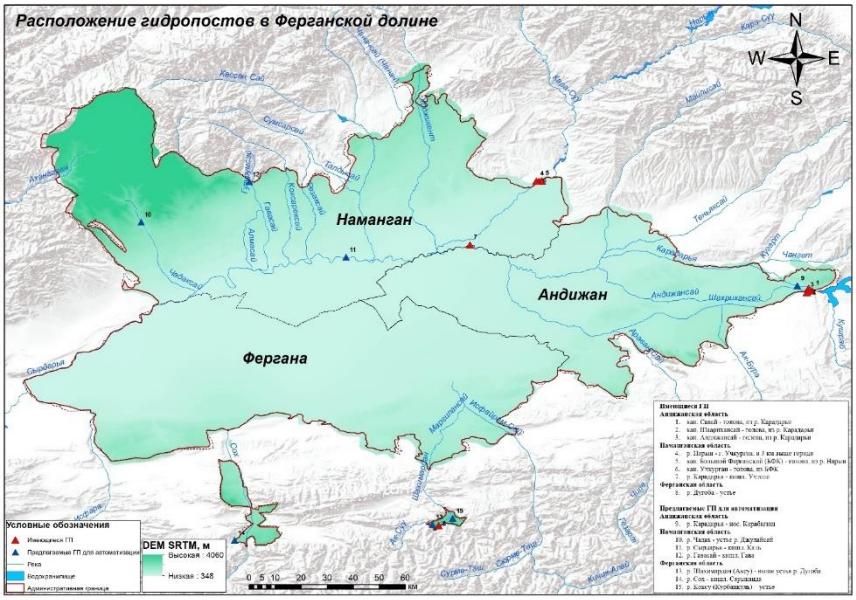


Рис. 5. Локация гидрологических постов, предлагаемых для оснащения автоматическими приборами

В восточной и южной частях Ферганской долины на территории Узбекистана не образуется рек, а весь сток в нее поступает с территории Кыргызстана и отчасти Таджикистана. По восточной и южной периферии Ферганской долины в Узбекистан поступает 654 м^3/с или 20,626 км^3/год водных ресурсов. Всего в пределах Ферганской долины в Узбекистане формируется сток в размере 6,14 м^3/с или 194,4 млн м^3/год, а

поступает с сопредельной территории 681,7 м^3/с или 21,498 км^3/год. Из общего поступления стока 57 % приходится на р. Нарын, 17 % - на р. Карадарья и всего 26 % - на остальные реки. Характер распределения стока внутри года на реках восточной и южной частей долины очень разнообразен. На рис. 5. приведена гидрографическая сеть Ферганской долины и сеть гидрологических постов, действующих в настоящее время.

При выполнении исследования были учтены следующие указания, изложенные в Постановлении Президента Республики Узбекистан ПП – 4896 от 17 ноября 2020 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности Центра гидрометеорологической службы Республики Узбекистан»:

- 1. Утвердить: в) Программу по расширению автоматизации сети наблюдений Центра гидрометеорологической службы Республики Узбекистан согласно приложению № 3.

- 15. Центру гидрометеорологической службы (Хабибуллаев Ш.Х.) совместно с Министерством сельского хозяйства (Ходжаев Д.А.) и Министерством водного хозяйства Хамраев Ш.Р.) обеспечить оснащение автоматическими устройствами и повышение квалификации работников действующих, а также создаваемых новых метеорологических, гидрологических и агрометеорологических станций и постов за счет грантов международных финансовых организаций, привлекаемых в сферы согласно приложения № 9.

- силами Министерства водного хозяйства и Узгидромета выполнить автоматизацию гидрологических постов Карабагиж, Савай, Андижансай и Шарихансай. Работы выполнить за счет средств международных грантов».

На предварительном этапе работы, по данным Узгидромета, из числа действующих гидрологических постов, был выполнен анализ на предмет необходимости оснащения постов автоматическим оборудованием (табл. 1). В таблице 1 использованы средние многолетние значения расходов воды, полученные из ГЕ за 2020 год (Узгидромет).

Основными методами производства работ были: анализ имеющихся материалов наблюдений на гидрологических постах, изучение технического состояния постового оборудования, изучение литературных и картографических материалов, полевые работы на постах.

Результаты и их обсуждение. В итоге получено, что из 13 предлагаемых к оснащению автоматическими приборами 8 постов будут проводить мониторинг на постоянной основе, а 5 постов – на периодической основе. Посты, предлагаемые к производству мониторинга на постоянной основе, оснащены: 1 – г/м мостиком, 4 – г/м люльками, 3 – г/м паромами. Состояние оборудования удовлетворительное, но в некоторых случаях необходим ремонт. В ближайшем окружении сооружений для установки автоматических приборов нет. Исключение составляют посты: р. Сырдарья – Каль, где примерно в 300 метрах выше гидроствора имеется автодорожный мост и р. Карадарья – Карабагиж, где ниже поста имеется автодорожный мост. Четыре из восьми перечисленных постов включены в Постановление Президента Республики Узбекистан ПП – 4896 от 17 ноября 2020 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности Центра гидрометеорологической службы Республики Узбекистан». Исходя из полученных данных, предлагается оснастить указанные выше гидрологические посты автоматическими приборами, основанными на доплеровском методе, бесконтактные, не обслуживаемые, с регистрацией данных. Для этого на шести постах необходимо натянуть троса и установку приборов производить на них. На двух постах установку приборов произвести на имеющихся автодорожных мостах. Необходимо отметить, что для качественной работы приборов раз в квартал следует производить контрольные промеры поперечного профиля гидростворов.

Существенным недостатком в решении данного вопроса является то обстоятельство, что на гидропостах Андижанского Центра силами Минводхоза

(Облводхоза) установлены приборы южнокорейского производства фирмы Koica (Акилли сув тизими). По сообщению представителя Андижанского облводхоза приборы учитывают только уровень воды. Информация передается в одно из подразделений Минводхоза в Фергану. В этих обстоятельствах назревает вопрос о необходимости дублирования установки приборов, выбранных по результатам тендера. Предлагается на первом этапе осуществления проекта, до получения результатов параллельного измерения расходов воды и их анализа, в качестве пилотного проекта произвести установку выбранных по результатам тендера приборов только на восьми гидрологических постах, ведущих мониторинг на постоянной основе.

На пяти постах мониторинг рекомендуется производить на периодической основе во время возможных селевых проявлений. Работы производить при помощи переносных автоматических приборов типа М-9 или ультразвукового измерителя скорости, или с применением приборов, установленных на первых восьми постах.

Таблица 1

Сведения о гидрологических постах в Ферганской долине

№	Название	Период	Расходы воды, $м^3/с$			Рекомендации по порядку мониторинга	Оборудование
			Сред.	Макс.	Мин.		
Андижанский Центр							
1	кан. Савай - голова, из р. Карадарьи	1975-2020	10,1	30,1	-	постоян.	г/м мостик
2	кан. Шахрихансай - голова, из р. Карадарьи	1976-2020	60,0	165	-	постоян.	г/м люлька
3	кан. Андижансай - голова, из р. Карадарьи	1976-2020	11,9	50,8	-	постоян.	г/м люлька
4	р.Карадарья - Карабагиж	-	-	-	-	постоян.	г/м люлька
Наманганский Центр							
5	р. Сырдарья - кишл. Каль	1974-2020	414	1580	24,3	постоян.	г/м паром
6	р. Гавасай - кишл. Гава	1926-2020	6,06	174	0,033	период.	г/м мостик
7	р. Чадак - устье р. Джулайсай	1938-2020	3,72	90,0	0,050	период.	г/м мостик
8	р. Нарын - г. Учкурган, в 3 км выше	1974-2020	365	1730	0,173	постоян.	г/м паром
9	р. Карадарья - кишл. Учтепе	1976-2020	127	1060	46,0	постоян.	г/м паром
Ферганский Центр							
10	р. Шахимардан (Аксу) - выше устья р. Дугоба	2001-2020	5,25	52,3	1,54	период.	г/м люлька
11	р. Дугоба - устье	2001-2020	1,32	10,2	0,050	период	г/м мостик
12	р. Коксу - Курбанкуль	1947-2020	2,46	12,1	1,09	период.	г/м мостик
13	р. Сох - кишл. Сарыканда	1911-2020	45,1	536	5,44	постоян.	г/м люлька

Таким образом, в результате проведенных работ было установлено, что для оснащения действующих гидрологических постов в Ферганской долине нужно: 8 приборов типа RQ – 30 и два переносных прибора, по одному в Наманганский и Ферганский Центры. Данные таблицы 1 были дополнены по результатам полевого мониторинга.

Информационная работа. В ходе встреч с представителями ведомств Ферганской долины была уточнена схема передачи информации об опасных гидрологических явлениях.

В Ферганской долине на данный момент работают 14 информационных гидрологических поста. В Ферганском Центре 3 поста – р. Шахимардан – выше устья р. Дугоба, р. Дугоба – устье, р. Сох – Сарыканда. В Андижанском Центре 4 поста – р. Карадарья – Карабагиж, кан. Савай – голова, кан. Шарихансай – голова, кан. Андижансай – голова. В Наманганском Центре 7 постов – р. Сырдарья – Каль, р. Нарын – Учкурган, кан. БФК – голова, кан. Учкурган – голова, р. Карадарья – Учтепе, р. Гавасай – Гава, р. Чадаксай – выше устья р. Джулайсай. На гидрологических постах производится сбор информации и после обработки передается соответственно в Ферганский областной Центр, Наманганский областной Центр и Андижанский областной Центр. Передача информации с гидрологических постов осуществляется по сотовым и стационарным телефонным линиям.

В областных Центрах полученная гидрологическая информация с постов обрабатывается, анализируется, кодируется и в регламентированном порядке передается в Управление гидрометеорологической наблюдательной сети Узгидромета. Из Управления гидрометеорологической наблюдательной сети информация передается в курирующие отделы, гидрологическая информация передается в отдел гидрологических прогнозов (ОГРП). В ОГРП информация по всей гидрологической сети обрабатывается, анализируется. Анализ гидрологической информации осуществляется с учетом метеорологической информации с метеорологической сети Узгидромета (в данном случае с учетом информации метеостанций, расположенных в Ферганской долине), а также используется спутниковая синоптическая информация. В ОГРП составляются прогнозы и, при необходимости предупреждения об опасных гидрологических явлениях. Все прогнозы и предупреждения составляются в табличной и текстовой формах. Составленные прогнозы и предупреждения передаются по интернету в заинтересованные организации по утвержденным перечням, в том числе и в МЧС, МСХ и МВХ.

До данного момента система передачи прогнозов и предупреждений отработана. В МЧС, вероятнее всего, отработана система передачи информации и в низовые структурные подразделения. Как выяснилось в ходе мониторинга – районные подразделения МЧС полученную информацию от территориальных подразделений Узгидромета доводят до каждого махаллинского комитета с использованием телефонной связи. До населения предупреждения доводятся с помощью SMS и интернета.

Наиболее сложным будет вопрос доведения предупреждений и прогнозов до низовых потребителей – фермерских хозяйств, обществ водопотребителей. При возможности, будет необходимо обеспечить районные подразделения МСХ и МВХ и потребителей информации компьютерами, а также организовать систему передачи прогнозов и предупреждений до фермерских хозяйств, обществ водопотребителей и других заинтересованных организаций. В качестве пилотных проектов, компьютеры и новое программное обеспечение опробовать в районах расположения трех гидрологических постов: р. Сох – Сарыканда, р.Карадарья – Учтепе и р. Нарын – Учкурган. Далее, на рис.6, приводятся схемы доведения информации об опасных гидрометерологических явлениях до потребителей.



Рис. 6. Схема доведения ранних предупреждений об ОГМЯ до потребителей

Методология подготовки спецификации автоматических приборов. Методология подготовки спецификации приборов в системе Гидрометеослужб всего мира подчиняется основным требованиям ВМО:

- приборы должны быть унифицированными;
- работать по единой методике;
- предоставлять достоверную информацию, которая будет отличаться от информации полученной традиционными методами не более чем на ± 10-15%.

Исходя из этих требований и с учетом морфометрических, гидравлических характеристик для гидрологических постов Ферганской долины можно представить следующую спецификацию автоматических приборов, необходимых для оснащения выбранных гидрологических постов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Спецификация автоматических приборов

Наименования	**Характеристика / рекомендация**
Бесконтактная	не требующая обслуживания система измерения
Строительные работы дополнительных сооружений	Не требуется
Угрозы системы из-за затопления	Отсутствует
Потребление электричества	Низкая, позволяющая использование солнечные батареи
Система распознавание направления потока	Имеется
Диапазон измерения	0,08 ... 10 м/с (в зависимости от условий потока)
Распознавание эффектов гистерезиса	Имеется
Измерение в условиях подпора	Имеется
Возможность измерения, в участках где преобладает рост сорняков,	Имеется
Влияние мутности воды на датчик	не влияет
Автоматическое измерение угла	Имеется
Измерение уровня воды	
Диапазон измерения уровня воды	0 ... 15 м
Разрешение	1 мм
Частота радара	26 ГГц (диапазон K)
Угол раскрытия радара	10°
Измерение скорости	

Диапазон измерения скоросты	0,08 ... 10 м/с (в зависимости от условий потока)
Точность измерения скоросты	+/- 0,01 м/с; +/- 1 % полной шкалы
Разрешение	1 мм/с
Распознавание направления	+/-
Длительность измерения	5 ... 240 сек
Интервал измерения	8 сек. ... 5ч
Частота измерения	24 ГГц (диапазон K)
Угол раскрытия радара	12°
Расстояние до поверхности воды	0,50 ... 35 м
Необходимая минимальная высота волны	3 мм.
Установка прибора	
Крепление прибора	на разных объектах – тросе, мостах, штангах и т.д.
Ширина измеряемого потока	2 метров до 250 – 300 метров

Основные гидрологические характеристики гидрологических постов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Характеристики гидрологических постов Узгидромета, предлагаемых к оснащению новыми приборами

№	Название	Период	Расходы воды, $м^3/с$			Уровни, см		
			Сред.	Макс.	Мин.	Сред.	Макс.	Мин.
	АНДИЖАНСКИЙ ЦЕНТР							
1	кан. Савай - голова, из р. Карадарьи	1975-2020	10,1	30,1	-	631	728	прсх
2	кан. Шахрихансай - голова, из р. Карадарьи	1976-2020	60,0	165	-	617	709	прсх
3	кан. Андижансай - голова, из р. Карадарьи	1976-2020	11,9	50,8	-	608	703	прсх
4	р.Карадарья - Карабагиж	2017	-	-	-	-	408	прсх
	НАМАНГАНСКИЙ ЦЕНТР							
5	р. Сырдарья - кишл. Каль	1974-2020	414	1580	24,3	279	516	136
6	р. Гавасай - кишл. Гава	1926-2020	6,06	174	0,033	132	244	100
7	р. Чадак - устье р. Джулайсай	1938-2020	3,72	90,0	0,050	64	207	10
	Г-II Учкурган							
8	р. Нарын - г. Учкурган, в 3 км выше	1974-2020	365	1730	0,173	140	306	-26
9	р. Карадарья - кишл. Учтепе	1976-2020	127	1060	46,0	124	428	30
	ФЕРГАНСКИЙ ЦЕНТР							
10	р. Шахимардан (Аксу) - выше устья р. Дугоба	2001-2020	5,25	52,3	1,54	285	368	239
11	р. Дугоба - устье	2001-2020	1,32	10,2	0,050	141	297	106
12	р. Коксу - Курбанкуль	1947-2020	2,46	12,1	1,09	121	174	103
13	р. Сох - кишл. Сарыканда	1911-2020	45,1	536	5,44	298	561	25

Выводы. По результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- для выполнения задач проекта, в качестве пилотного, необходимо обеспечить областные Центры 8 автоматическими приборами, выбранными в результате тендера. Обеспечение пяти постов решить во вторую очередь, после анализа результатов, полученных в результате работы пилотного проекта.

- учитывая предложения областных ведомств, следует в будущем рассмотреть вопрос о совместном увеличении количества гидрологических постов на трансграничных реках Ферганской долины, как на территории Узбекистана, так и на сопредельных территориях.

- следует наладить связи между ведомствами с целью исключения дублирования работ и унификации применяемых приборов;

- следует отметить, что доведение информации до заинтересованных организаций и населения организовано удовлетворительно. Необходимо совместно с подразделениями МЧС решить вопрос улучшения технического состояния в районных ОЧС и создания программы доведения информации до махаллинских комитетов, фермерских хозяйств, обществ водопотребителей при помощи интернета. Для этого, в качестве пилотного проекта, обеспечить потребителей, расположенных в районах действия трех гидрологических постов р. Сох- Сарыканда, р.Карадарья – Учтепе и р. Нарын – Учкурган, современными компьютерами с программным обеспечением по своевременному доведению информации об ОГМЯ до низовых потребителей и населения.

Узгидромету необходимо:

- в срочном порядке организовать измерение расходов воды на постах, оснащенных автоматическими приборами как это требуется Наставлениями гидрометеорологическим станциям и постам, и предлагается документами ВМО;

- не реже одного раза в квартал (возможно и чаще) производить корректировку профиля поперечного сечения;

- после установки автоматических приборов необходимо продолжать измерение расходов воды традиционным способом (согласно развернутым планам работ на постах);

- после накопления достаточного количества замеров расходов воды выполненных традиционным способом и автоматическими приборами выполнить анализ полученных результатов, с целью выявления причин отклонений;

- организовать должным образом методическое руководство на гидрологической сети.

После установки автоматических приборов произвести тренинг по обучению сотрудников областных Центров Ферганской долины порядку работы с приборами.

Использованная литература:

1. Гостунский А.Н. Гидрология Средней Азии. Ташкент: Укитувчи, 1969. 326 с.

2. Государственный водный кадастр. Раздел 1. Поверхностные воды. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Часть 1. Реки и каналы. Том IV. Республика Узбекистан. Ташкент, 2021. 356 с.

3. Ильин И.А. Водные ресурсы Ферганской долины. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1959. 124 с.

4. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6. Ч. 2. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1974. 256 с.

5. Международное руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1984. 248 с.

6. Основные гидрологические характеристики. Т. 14, Средняя Азия. Вып. 1, бассейн р. Сырдарья, 1967. 478 с.

7. Основные гидрологические характеристики. Т. 14, Средняя Азия. Вып. 1, бассейн р. Сырдарья, 1974. 248 с.

8. Основные гидрологические характеристики. Т. 14, Средняя Азия. Вып. 1, бассейн р. Сырдарья, 1980. 243 с.

9. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1984. 447 с.

10. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 14, Средняя Азия. Вып. 1 (бассейн р. Сырдарья), 1969. С. 101-175.

11. Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Том 1. Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. Москва: Изд-во ЛКИ, 2007. 607 с.

12. Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. Ташкент: Изд-во НИГМИ Узгидромета, 2007. 109 с.

13. Чуб В.Е., Трофимов Г.Н. Изменение климата и опасные гидрологические явления (паводки, сели) // Информация об исполнении Узбекистаном своих обязательств по Рамочной Конвенции оон об изменении климата. Бюллетень №5. Ташкент: САНИГМИ, 2002. С. 65-74.

14. Чуб В.Е., Трофимов Г.Н., Меркушкин А.С. Селевые потоки Узбекистана. Ташкент: Изд-во НИГМИ Узгидромета, 2007. 109 с.

15. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1965. 691 с.

References:

1. Gostunsky A.N. (1969), *Hydrology of Central Asia*, Tashkent, 326 p. (In Russ.).

2. *State water cadastre. Section 1. Surface waters. Annual data on the regime and resources of land surface waters. Part 1. Rivers and canals. Volume IV. Republic of Uzbekistan* (2021), Tashkent, 356 p. (In Russ.).

3. Ilyin I.A. (1959), *Water resources of the Fergana Valley*, Leningrad, 124 p. (In Russ.).

4. *Instructions for hydrometeorological stations and posts, Vol. 6, part 2* (1974). Leningrad, 256 p. (In Russ.).

5. *International guide to methods for calculating basic hydrological characteristics* (1984), Leningrad, 248 p. (In Russ.).

6. *Basic hydrological characteristics, Vol. 14, Central Asia, Issue 1, river basin Syrdarya* (1967), 478 p. (In Russ.).

7. *Basic hydrological characteristics, Vol. 14, Central Asia, Issue 1, river basin Syrdarya* (1974), 248 p. (In Russ.).

8. *Basic hydrological characteristics, Vol. 14, Central Asia, Issue 1, river basin Syrdarya* (1980), 243 p. (In Russ.).

9. *A manual for determining calculated hydrological characteristics* (1984), Leningrad, 447 p. (In Russ.).

10. *Surface water resources of the USSR, Volume 14, Central Asia, Issue 1 (Syr Darya river basin)* (1969), p. 101-175. (In Russ.).

11. Chalov R.S. (2007), *Channel studies: theory, geography, practice. Volume 1. Channel processes: factors, mechanisms, forms of manifestation and conditions for the formation of river channels*, Moscow, 607 p. (In Russ.).

12. Chub V.E. (2007), *Climate change and its impact on hydrometeorological processes, agroclimatic and water resources of the Republic of Uzbekistan*, Tashkent, 109 p. (In Russ.).

13. Chub V.E., Trofimov G.N. (2002), Climate change and hazardous hydrological phenomena (floods, mudflows), *Information on the fulfillment by Uzbekistan of its obligations under the UN Framework Convention on Climate Change*, Bulletin No. 5, Tashkent, p. 65-74. (In Russ.).

14. Chub V.E., Trofimov G.N., Merkushkin A.S. (2007), *Mudflows of Uzbekistan*, Tashkent, 109 p. (In Russ.).

15. Shultz V.L. (1965), *Rivers of Central Asia*, Leningrad, 691 p. (In Russ.).

Сведения об авторах:

Сагдеев Наил Завдятович – Национальный университет Узбекистана (Ташкент, Узбекистан), старший преподаватель. E-mail: nailsagd@mail.ru

Исамиддин Акрамов – Программа развития ООН в Узбекистане (Ташкент, Узбекистан), менеджер. E-mail: isomiddin.akramov@undp.org

Information about the authors:

Sagdeev Nail – National University of Uzbekistan (Tashkent, Uzbekistan), Senior Lecturer. E-mail: nailsagd@mail.ru

Isamiddin Akramov – UN Development Program in Uzbekistan (Tashkent, Uzbekistan), manager. E-mail: isomiddin.akramov@undp.org

Для цитирования:

Сагдеев Н.З., Акрамов И. Отдельные результаты мониторинга гидрологических постов Ферганской долины // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2024. № 1-2. С. 94-106.

For citation:

Sagdeev N.Z., Akramov I. (2024), Selected results of monitoring hydrological posts in the Fergana Valley, *Central Asian journal of the geographical researches*, No. 1-2, p. 94-106. (In Russ.).

УДК 626.81 https://doi.org/10.5281/zenodo.12510051

Шодиев С.Р., Норкувватова У.И.

Навоийский государственный педагогический институт, Навои, Узбекистан

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОЛЛЕКТОРНЫХ ВОД ОРОШАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЮГА УЗБЕКИСТАНА ДЛЯ ИРРИГАЦИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Аннотация. *Статья посвящена, прежде всего, оценке качества воды магистральных коллекторов Каршинской степи и Бухарского оазиса для целей повторного ирригационного использования. При этом использованы эмпирические формулы, широко используемые в работах специалистов, как в стран ближнего, так и дальнего зарубежья. Полученные результаты расчетов позволили дать более широкую комплексную оценку ирригационного качества возвратных вод, в том числе и минерализованных. В процессе анализа учитывались историко-географические факторы, определившие современное состояние почв и водоснабжения исследуемых оазисов. Авторами предложены пять различных технологических способов использования коллекторных вод. При этом рассмотрены возможности смешивания дренажных и естественных вод с целью использования в орошаемом земледелии. Такой подход позволяет улучшить ирригационное качество коллекторных вод при выборе наиболее приемлемого варианта их использования. В работе приводятся различные технологические приемы подачи коллекторных вод на поля. Статья может представлять интерес для специалистов в области водного хозяйства, занимающихся вопросами мелиорации орошаемых земель и проблемой повторного использования коллекторно-дренажного стока в ирригационных целях.*

Ключевые слова: *Каршинская степь, Бухарский оазис, коллекторный сток, оценка качества, повторное использование.*

Shodiev S.R., Norkuvvatova U.I.

Navoi State Pedagogical Institute, Navoi, Uzbekistan

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF COLLECTOR WATER IRRIGATED IN THE SOUTH OF UZBEKISTAN FOR IRRIGATION AND TECHNOLOGICAL METHODS FOR THEIR USE

Abstract. *The article is devoted, first of all, to assessing the quality of water in the main collectors of the Karshi steppe and the Bukhara oasis for the purpose of repeated irrigation use. In this case, empirical formulas are used that are widely used in the works of specialists both in near and far abroad countries. The obtained calculation results made it possible to give a broader comprehensive assessment of the irrigation quality of return waters, including mineralized ones. The analysis process took into account the historical and geographical factors that determined the current state of the soils and water supply of the oases under study. The authors proposed five different technological methods for using collector waters. At the same time, the possibilities of mixing drainage and natural waters for the purpose of use in irrigated agriculture are considered. This approach makes it possible to improve the irrigation quality of collector waters when choosing the most appropriate option for their use. The work presents various technological methods for supplying collector water to fields. The article may be of interest to specialists in the field of water management, dealing with the issues of reclamation of irrigated lands and the problem of reuse of collector-drainage runoff for irrigation purposes.*

Key words: *Karshi steppe, Bukhara oasis, collector flow, quality assessment, reuse.*

Введение и постановка проблемы. В оазисах Узбекистана формируются значительные объёмы коллекторно-дренажных вод, возможности повторного использования которых в хозяйственных целях недостаточно изучены.

Потребности в пресной воде в республике ежегодно возрастают, и уже в обозримом будущем речной сток не сможет удовлетворять потребностей в орошении сельскохозяйственных культур. В связи с этим возникла проблема изучения и оценки возможности повторного использования коллекторно-дренажных вод в различных регионах Узбекистана. В данной статье эта проблема рассмотрена на примере Каршинской степи и Бухарского оазиса.

Валовая площадь бассейна р. Кашкадарьи в административных границах Кашкадарьинской области равна 28,6 тыс. км^2. В бассейне имеется около 1,3 млн га пригодных к орошению земель, из которых около 1 млн га расположены в нижней части бассейна, именуемой Каршинской степью. Согласно проведенным расчетам, всего из четырнадцати административных районов области выносится в среднем за год 1,40 км^3 коллекторного стока с минерализацией от 0,55 до 6,6 г/л. В области имеется пять магистральных коллекторов – Жанубий (ЮК), Шимолий (СК), Главный, Киллисой и Дашт. Суммарно через перечисленные коллектора из орошаемой зоны области вытекает до 1,07 км^3 воды.

Бухарская область расположена в низовьях бассейна р. Зеравшан. Общая площадь орошаемых земель в последние годы в регионе составляет около 275 тыс. га, водозабор на орошение колеблется от 4,0 до 4,8 км^3/год. Согласно проведенным расчетам, из орошаемой зоны одиннадцати административных районов области выносится за год 2,25 км^3 коллекторного стока с минерализацией 2,65-5,11 г/л. В данной статье оценка качества воды для ирригации проведена для семи магистральных коллекторов области: Паралельный, Денгизкуль, Парсанкуль, Главный сброс, Гарбий Ромитан, Марказий Бухоро и Огитма.

Изученность вопроса. Различные гидрологические и гидрохимические характеристики коллекторно-дренажных вод рассматриваемых регионов изучались в разные годы такими исследователями, как Ф.М. Рахимбаев, Т.А. Ибрагимов, А.У. Усманов, Э.И. Чембарисов, Ш.О Мурадов, Т.П. Глухова, А. Рамазанов, А. Ражабов и др. Однако в их работах недостаточно освещены вопросы современного гидрохимического режима этих вод.

Ф.М. Рахимбаев и Г.А. Ибрагимов достаточно полно рассмотрели проблему использования дренажных и грунтовых вод для орошения, обобщив результаты полевых опытов, проведенных в 1970-ые годы [7].

А.У. Усманов, критически оценив существующие критерии оценки пригодности воды для орошения, предложил свою классификацию ирригационного качества коллекторных вод, разделенную по химическому составу [11].

Э.И. Чембарисов и Б.А. Бахритдинов, описывая гидрохимию речных и дренажных вод Средней Азии, подробно рассмотрели гидрологические и гидрохимические характеристики этих вод в Каршинской степи и в Бухарском оазисе за 1970-1985 годы [12].

Ш.О. Мурадов при оценке водоустойчивости аридных территорий юга Узбекистана изучил качество коллекторно-дренажных вод Кашкадарьинской области по состоянию на 1990-2005 гг. [5].

Т.П. Глухова при описании возможности повторного использования минерализованных вод на орошение подробно рассмотрела почвенные процессы, происходящие при этих поливах, уделив внимание обменным реакциям в почве и действию их на почвенные свойства и плодородие [4].

А.Р. Рамазанов и А.Р. Раджабов рассмотрели перспективы использования минерализованных вод для орошения хлопчатника в различных областях Узбекистана. Авторы сделали следующие выводы: 1) дренажную воду для поливов хлопчатника

следует применять только в смеси с арычной водой; 2) минерализация смешанной воды при орошении легко-и среднесуглинистых почв не должна превышать 3-4 г/л [8].

Отмеченные публикации имеют научную и практическую ценность, однако в этих работах не освещены вопросы современного гидрохимического режима коллекторных вод и не указаны различные технологические приёмы их повторного использования.

Цель и задачи работы. Целью проведенных исследований является анализ качества воды магистральных коллекторов Каршинской степи и Бухарского оазиса, рассмотрение возможности их повторного использования для орошения сельскохозяйственных культур, а также описание различных технологических приёмов повторного использования коллекторных вод. Ключевой задачей является проведение расчетов по оценке качества коллекторных вод для выявления возможности их повторного использования для орошения с использованием наиболее известных эмпирических формул.

Материалы и методы. Из всего разнообразия имеющихся формул по оценке ирригационного качества вод были отобраны формулы, учитывающие следующие факторы: 1) опасность засоления орошаемых почв; 2) опасность содообразования; 3) опасность натриевого осолонцевания; 4) опасность магниевого осолонцевания; 5) опасность хлоридного засоления 6) опасность натриевого осолонцевания (по SAR). K_6 характеризует формулу, предложенную в США под названием SAR – это заглавные буквы натриево-адсорбционного отношения (sodium adsorption ratio) [13, с. 468-472; 16, с. 33-36]. Эти формулы и условия их применения приведены в таблице 1.

Таблица1

Сведения о формулах оценки ирригационного качества воды

Процесс	Формула	Предельная величина	Автор:
Засоление	$K_1 = \frac{M(мг/л) \cdot 0{,}03}{Ca^{+2} + Mg^{+2}}$	Меньше 4	М.Н. Буданов
Содообразование	K_2=(HCO_3+CO_3)-(Ca+ Mg)	Меньше 1,25 мг-экв/л	САНИИРИ
Натривое осолонцевание	$K_3 = \frac{Na^{+} + Ca^{+2} + Mg^{+2}}{Ca^{+2} + Mg^{+2}}$	Больше 4	А.М. Можайко, Т.К. Воротник
Магниевое осолонцевание	$K_4 = \frac{Mg^{+2} \cdot 100\%}{Ca^{+2} + Mg^{+2}}$	Больше 50%	И. Сабольч
Хлоридное засоление	$K_5 = \frac{2Cl^{-} + SO_4^{-2}}{2}$	3-7 мг-экв/л	Данеен (США)
Натриевое осолонцевание	K_6=SAR=$\frac{Na}{\sqrt{\frac{Cl+Mg}{2}}}$	менше 10 опасность невелика	Е.Н. Гапон (США)

Таблица составлена авторами.

М.Ф. Буданов оценил опасность засоления орошаемых почв. При расчетах по его формуле если K_1<4, вода пригодна для орошения любых почв, при K_1=4-5, она пригодна для орошения супесчаных почв, и при K_1=5-6 – для орошения песчаных почв [2, с. 38-56].

В «Руководстве по использованию дренажных на орошение сельскохозяйственных культур и промывки засоленных земель» САНИИРИ приведена формула по оценке содообразования в орошаемых почвах при поливах минерализованной водой. При расчетах, если K_2<1,25 мг-экв/л, вода считается безопасной для орошения, при K_2=1,25-2,5 мг-экв/л она пригодна для орошения кислых почв, при K_2>2,5 мг-экв/л вода для орошения не пригодна [9].

А.М. Можийко и Т.К. Воротник предложили формулу для расчета опасности натриевого осолонцевания. При K_3>4 возможно осолонцевание при орошении средних и

тяжелых суглинков, если $К_3$=5-6, то осолонцевание возможно при орошении легких суглинков и супесей [6].

И.Сабольч предложил формулу для расчета опасности магниевого осолонцевания. При $К_4$>50% проявляется магниевое осолонцевание [10].

Е.Н. Гапон приводит формулу для оценки опасности осолонцевания орошаемых почв при поливе минерализованными водами. При $К_6$<10 вода не опасна по осолонцеванию, при $К_6$=10-18, эти цифры характеризуют среднюю опасность, если К6=18-26 – очень высокую опасность осолонцевания [3].

Результаты и их обсуждение. *Качество воды в коллекторах Каршинской степи.* Сведения о полном химическом составе коллекторных вод были взяты в мелиоративной экспедиции для следующих коллекторов: 1) Жанубий (ЮК); 2) Шимолий (СК); 3) Главный; 4) Киллисай; 5) Дашт.

Результаты расчетов соответствующих коэффициентов ($К_1$-$К_6$) по перечисленным коллекторам приведены в таблице 2.

Таблица 2

Оценка ирригационного качества воды в коллекторах Кашкадарьинской области

Ед-ца изм-я	HCO_3	SO_4	Cl	Ca	Mg	Na	М г\л	$К_1$	$К_2$	$К_3$	$К_4$	$К_5$	$К_6$
Жанубий (ЮК)													
мг-экв	5,4	65,2	14,9	1,5	29,1	33,3	5,7	3,6	-45,2	1,6	57,6	47,5	6,6
Шимолий (СК)													
мг-экв	4,8	70,6	32,4	9,5	34,5	53,8	5,6	3,1	-49,2	2,0	63,9	67,7	10,4
Главный													
мг-экв	5,6	13,8	56,0	8,9	24,7	31,8	4,8	3,3	-38,1	1,7	56,5	62,9	6,8
Киллисай													
мг-экв	6,0	77,0	27,9	0,9	33,1	56,9	7,5	4,2	-48	2,1	61,2	6,4	7,7
Дашт													
мг-экв	6,2	17,2	58,1	9,5	29,1	31,3	5,3	3,3	-42,4	1,6	51,9	6,7	4,5

Из таблицы 2 можно сделать следующие выводы:

1) по минерализации вода коллектора Жанубий (ЮК) пригодна для орошения супесчаных почв, в ней отсутствует опасность содообразования, зато она может привести к магниевому осолонцеванию и хлоридному засолению, поэтому этой водой орошать нельзя;

2) по минерализации вода коллектора Шимолий (СК) является пригодной для орошения супесчаных почв, в ней отсутствует опасность содообразования, но проявляется опасность натриевого осолонцевания, магниевого осолонцевания и с точки зрения хлоридного засоления вода опасна для орошения. Поэтому эту воду лучше не использовать для орошения;

3) по минерализации вода коллектора Главный пригодна для орошения песчаных почв, в ней отсутствует опасность содообразования и натриевого осолонцевания, зато она может привести к магниевому осолонцеванию и хлоридному засолению, поэтому эту воду орошения использовать нельзя;

4) ирригационного качество воды в коллекторе Киллисай сходно: по величине минерализации она пригодна для орошения супесчаных почв, в ней отсутствует опасность содообразования и натриевого осолонцевания, но опасно с точки зрения магниевого осолонцевания и хлоридного засоления поэтому воду этих коллекторов использовать для орошения нельзя;

5) вода коллектора Дашт по минерализации является пригодной для орошения песчаных почв, в ней отсутствует опасность содообразования и натриевого осолонцевания, однако она опасна с точки зрения магниевого осолонцевания и хлоридного засоления поэтому этой водой лучше не орошать.

Качество воды в коллекторах Бухарского оазиса. Сведения о полном химическом составе коллекторных вод приведены для следующих коллекторов Бухарского оазиса:

1) Паралельный; 2) Денгизкуль; 3) Парсанкуль; 4) Главный сброс; 5) Гарбий Ромитан; 6) Марказий Бухоро; 7) Огитма. Эти сведения были получены в мелиоративной экспедиции

Результаты расчетов соответствующих коэффициентов ($К_1$-$К_6$) по перечисленным коллекторам приведены в таблице 3.

Таблица 3

Оценка ирригационного качества воды в магистральных коллекторах Бухарской области

Единица изм-я	HCO_3	SO_4	Cl	Ca	Mg	Na	M, г\л	$К_1$	$К_2$	$К_3$	$К_4$	$К_5$	$К_6$
Паралель													
мг-экв	5,2	60,2	19,5	16,0	26,5	42,3	5,8	4,1	-37,3	2,0	62,3	44,6	9,2
Денгизкуль													
мг-экв	8,0	57,0	20,7	22,5	35,0	28,2	5,7	2,9	-49,5	1,5	60,9	49,2	5,3
Парсанкуль													
мг-экв	4,0	33,9	11,0	11,9	17,0	19,9	3,3	3,5	-25,0	1,7	58,6	28,0	5,2
Главный сброс													
мг-экв	6,8	50,2	13,4	18,0	27,5	24,9	4,9	2,8	-38,7	1,5	60,4	38,5	5,2
Гарбий Ромитан													
мг-экв	8,0	31,4	13,7	19,0	16,5	17,6	3,3	2,8	-27,5	1,5	46,5	29,4	2,9
Марказий Бухоро													
мг-экв	2,6	18,6	6,0	8,9	8,2	10,0	1,9	3,3	-14,6	2,6	47,8	15,3	3,4
Огитма													
мг-экв	7,2	22,3	13,3	10,5	16,0	16,2	2,6	2,9	-19,3	1,6	60,5	24,4	4,5

Таблица составлена авторами.

Благодаря проведенному анализу было отмечено следующее:

1) по минерализации вода большинства рассмотренных коллекторов Бухарского оазиса пригодна для орошения супесчаных почв, в ней отсутствует опасность содообразования, и натриевого осолонцевания, однако она опасна с точки зрения магниевого осолонцевания и хлоридного засоления, поэтому эту воду для орошения использовать не рекомендуется;

2) по минерализации воды в коллекторе Параллельный в отдельные месяцы доходит до 5,80 г/л, поэтому в этот период ирригационное качество воды данного коллектора несколько хуже, чем качество воды остальных коллекторов: при такой величине минерализации этой водой орошать нельзя, тот же вывод следует из анализа ее химического состава: она может привести к магниевому осолонцеванию и хлоридному засолению орошаемых почв;

3) согласно величине $К_1$ воду большинства коллекторов можно использовать для орошения супесчаных почв. Однако более тщательный анализ химического состава вод показал, что при орошении этими водами может возникнуть магниевое осолонцевание и хлоридное засоление почв, поэтому в итоге можно заключить, что орошать этими водами нельзя.

Варианты для полива хлопчатника в Каршинской степи и Бухарской области. Авторами предлагается пять вариантов повторного использования коллекторных вод в ирригационном земледелии.

Первый вариант предполагает орошение только за счёт речных вод (рис. 1).

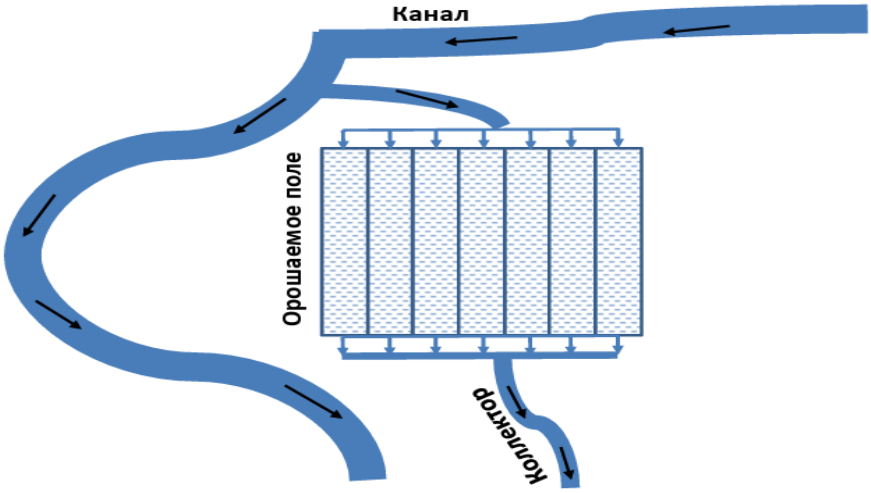


Рис. 1. Первый вариант орошения хлопчатника

Во втором варианте ирригация земель осуществляется биологически очищенной коллекторной водой (рис. 2).

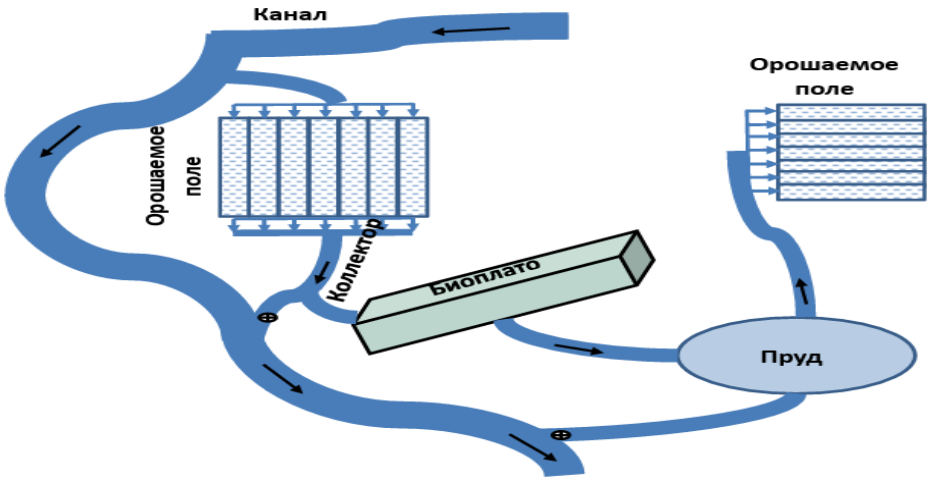


Рис. 2. Второй вариант орошения хлопчатника

Третий вариант предполагает использование неочищенной коллекторной воды (рис. 3).

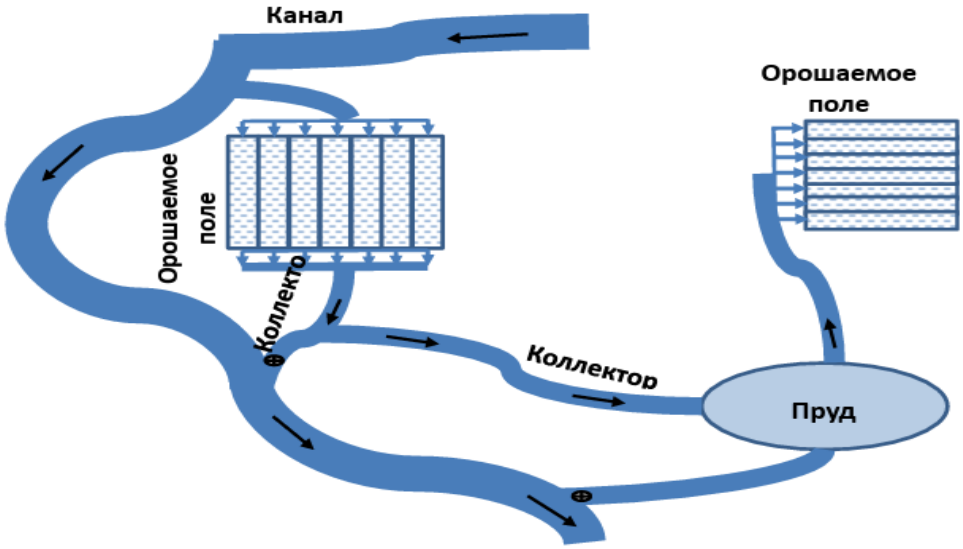


Рис. 3. Третий вариант орошения хлопчатника

В четвёртом варианте используется смешиваемая вода из пруда (речная вода с неочищенной коллекторной водой) (рис. 4).

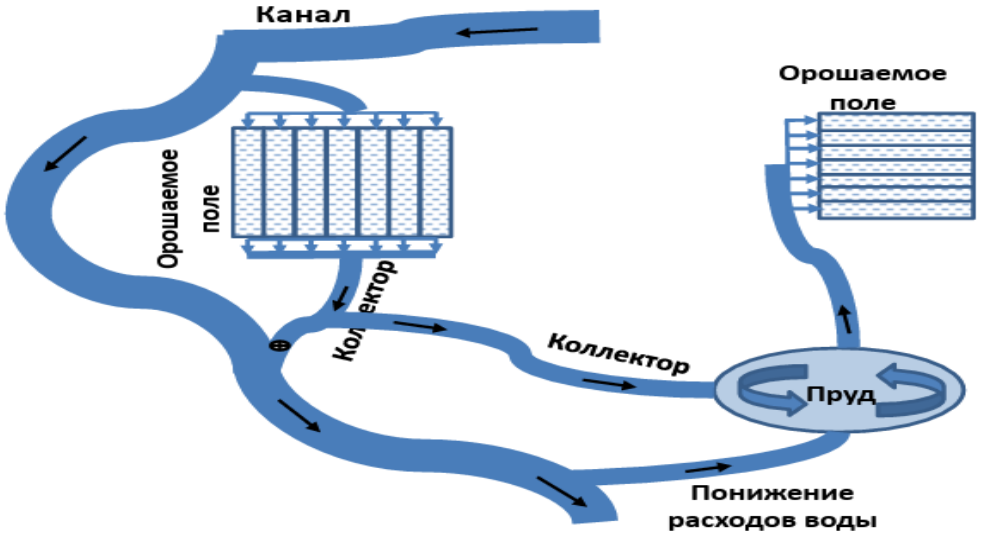


Рис. 4. Четвёртый вариант орошения хлопчатника

В пятом варианте также используется смешиваемая вода из пруда (речная вода с очищенной коллекторной водой) (рис. 5).

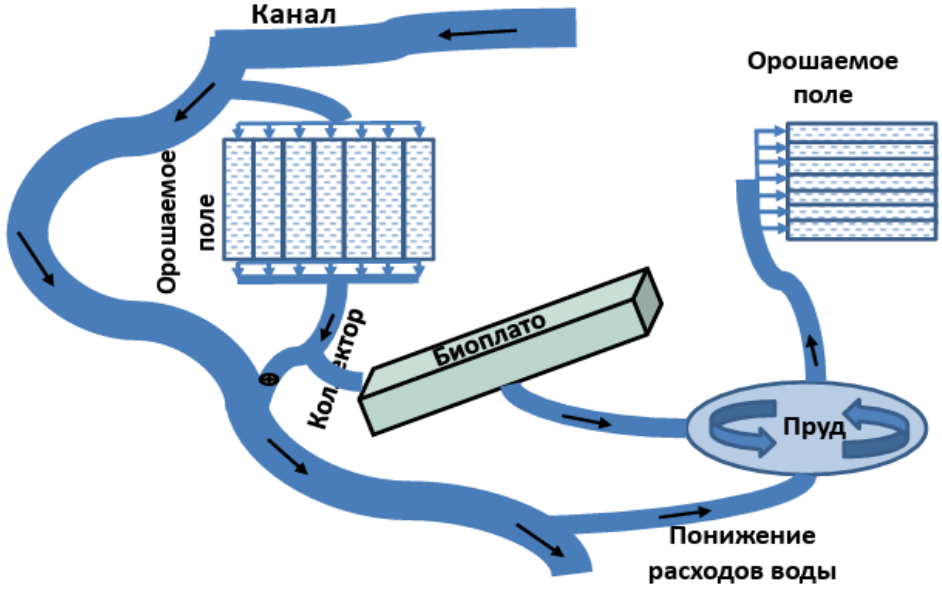


Рис. 5. Пятый вариант орошения хлопчатника

Эти варианты были переданы сотрудникам мелиоративных экспедиций рассматриваемых областей для практического использования.

Выводы. В статье проведена оценка качества вод магистральных коллекторов Кашкадарьнской и Бухарской областей для целей ирригации по наиболее употребляемым формулам М.Ф. Буданова, «Руководства …» САНИИРИ, А.М. Можейко и Т.К. Воротика, И. Сабольча, Данеена и Е.Н. Гапона (SAR);

- в Каршинской степи вода коллекторов Жанубий (Юк), Шимолий (СК), Главного, Киллисая является пригодной для орошения супесчаных почв, но при этом существует опасность их магниевого осолонцевания и хлоридного засоления;

- в Бухарском оазисе при оценке качества воды для ирригации коллекторов Паралельный, Денгизкуль, Парсанкуль, Главный сброс, Гарбий Ромитан, Марказий Бухоро и Огитма выявлено, что их вода опасна с точки зрения магниевого осолонцевания орошаемых почв и их хлоридного засоления, поэтому воду этих коллекторов для орошения использовать не рекомендуется, их воду можно использовать только при смешивании с речной водой;

- рассмотрены различные технологические приемы использования коллекторных вод, которые заключаются в следующем; первый способ – орошать только речной водой, второй способ – орошение проводить путем смешивания (50/50 %) биологически очищенной коллекторной водой с речной водой; третий способ – можно пользовать не очищенную коллекторную воду с речной водой (50/50 %); в четвертом варианте можно использовать только биологически очищенную коллекторную воду и в пятом варианте – можно использовать только не очищенную коллекторную воду. При использовании коллекторных вод в рассматриваемых орошаемых массивах наиболее предпочтительным способом является второй способ, при этом минерализация смешанной воды не должна превышать 3,0 г/л.

Использованная литература:

1. Абдиева М.Ш., Нишонов Б.Э. Зарафшон дарёси сув сифатини комплекс баҳолаш // Гидрометеорология, изменение климата и мониторинг окружающей среды: актуальные проблемы и пути их решения. Материалы Международной научно-практической конференции. Ташкент, 2021. С. 227-230.

2. Буданов М.Ф. Требования к качеству оросительных вод // Водное хозяйство. Вып. 1. Киев: Урожай, 1965. С. 38-56.

3. Гапон Е.Н. К теории обменной адсорбции в почвах // Общая химия. 1933. Т. 3. Вып. 2. С. 33-42.

4. Глухова Т.П. Почвенные процессы при орошении минерализованными водами. Ташкент: Фан, 1977. 128 с.

5. Мурадов Ш.О. Научное обоснование водоустойчивости аридных территорий юга Узбекистана. Ташкент: Фан, 2012. 374 с.

6. Можейко А.М., Воротник Т.К. Гипсование каштановых солонцеватых почв УССР, орошаемых минерализованными водами, как метод борьбы с осолонцеванием этих почв // Труды УкрНИИП. 1985. Т. 3. С. 51-60.

7. Рахимбаев Ф.М., Ибрагимов Г.А. Использование дренажных и грунтовых вод для орошения. Москва: Колос, 1978. 189 с.

8. Рамазанов А., Ражабов А. Перспективы использования минерализованных вод на орошение в Узбекистане. Ташкент, 1980. 27 с.

9. Руководство по использованию дренажных на орошение сельскохозяйственных культур и промывки засоленных земель-Минводхоз СССР. Ташкент; САНИИРИ, 1982. 76 с.

10. Сабольч И. Влияние мелиорации (орошения и осушения) на почвообразовательные процессы Западной части Венгерской низменности. Будапешт, 1961. 120 с.

11. Усманов А.У. К вопросу методологии оценки качества дренажных вод в целях использования их на орошение // Труды САНИИРИ. 1978. Вып. 156. С. 55-63.

12. Чембарисов Э.И., Бахритдинов Б.А. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии. Ташкент: Укитувчи, 1989. 232 с.

13. Чембарисов Э.И., Реймов А.Р., Шодиев С.Р. Оценка ирригационного качества воды при интегрированном управлении водными ресурсами // САНИИРИ – 80 лет (1925–2005 гг.). Сборник научных трудов. Ташкент, 2005. С. 468–472.

14. Чембарисов И.Э., Шодиев С.Р. Анализ гидрологических данных коллекторных вод Кашкадарьинской области // Фаол инвестицион муҳитни шакллантиришда таълим, фан ва ишлаб чиқариш интеграциясининг долзарб муаммолари. III республика илмий-амалий конференцияси материаллари. Самарқанд, 2019. Б. 93-97.

15. Чембарисов Э.И., Шодиев С.Р. Характеристика коллекторно-дренажных вод Бухарской области Узбекистана // Современные исследования и инновации в науке и образовании. Материалы Международной научно-практической конференции. Москва, 2022. С. 221-227.

16. Шодиев С.Р. Качество оросительных вод некоторых орошаемых массивов Узбекистана // Ўзбекистон замини. 2019. № 3. С. 33-36.

17. Шодиев С.Р., Чембарисов Э.И. Гидрологические и гидрохимические особенности коллекторных вод Бухарской области // Экономика и социум. 2022. Вып. № 10 (101). Часть 2. С. 637-644.

18. Шодиев С.Р., Чембарисов Э.И. Гидрологический и гидрохимический мониторинг коллекторно-дренажных вод Кашкадарьинской области Узбекистана // Гидрометеорологические исследования в условиях изменения климата: актуальные проблемы и пути их решения. Материалы международной научно-практической конференции. Ташкент, 2022. С. 219-222.

19. Шодиев С.Р., Чембарисов Э.И., Шодиева Г.Р. Минерализация и химический состав речных и коллекторных вод Кашкадарьинской области республики Узбекистан // Экономика и социум. 2021. Вып. 2 (81). Часть 2. С. 353-360.

References:

1. Abdieva M.Sh., Nishonov B.E. (2021), Comprehensive assessment of Zarafshon river water quality, *Hydrometeorology, climate change and environmental monitoring: current problems and ways to solve them*, Tashkent, pp. 227-230. (In Uzbek).

2. Budanov M.F. (1965), Requirements for the quality of irrigation water, *Water Management*, issue 1, Kiev, pp. 38-56. (In Russ.).

3. Gapon E.N. (1933), On the theory of exchange adsorption in soils, *General Chemistry*, vol. 3, issue 2, pp. 33-42. (In Russ.).

4. Glukhova T.P. (1977), *Soil processes during irrigation with mineralized waters*, Tashkent, 128 p. (In Russ.).

5. Muradov Sh.O. (2012), *Scientific substantiation of water resistance of arid territories of the south of Uzbekistan*, Tashkent, 374 p. (In Russ.).

6. Mozheiko A.M., Vorotnik T.K. (1985), Gypsuming of chestnut solonetzic soils of the UkrSSR irrigated with mineralized waters, as a method of combating alkalinization of these soils, *Proceedings of UkrNIIP*, vol. 3, pp. 51-60. (In Russ.).

7. Rakhimbaev F.M., Ibragimov G.A. (1978), *Use of drainage and groundwater for irrigation*, Moscow, 189 p. (In Russ.).

8. Ramazanov A., Razhabov A. (1980), *Prospects for the use of mineralized water for irrigation in Uzbekistan*, Tashkent, 27 p. (In Russ.).

9. *Guidelines for the use of drainage for irrigation of agricultural crops and leaching of saline lands* (1982), Tashkent, 76 p. (In Russ.).

10. Szabolcs I. (1961), *The influence of reclamation (irrigation and drainage) on soil-forming processes in the Western part of the Hungarian Lowland*, Budapest, 120 p. (In Russ.).

11. Usmanov A.U. (1978), On the issue of methodology for assessing the quality of drainage waters for the purpose of using them for irrigation, *Proceedings of SANIIRI*, issue 156, pp. 55-63. (In Russ.).

12. Chembarisov E.I., Bakhritdinov B.A. (1989), *Hydrochemistry of river and drainage waters of Central Asia*, Tashkent, 232 p. (In Russ.).

13. Chembarisov E.I., Reimov A.R., Shodiev S.R. (2005), Assessment of irrigation water quality under integrated water resources management, *Collection of scientific works of SANIIRI, 80 years. 1925–2005*, Tashkent, pp. 468–472. (In Russ.).

14. Chembarisov I.E., Shodiev S.R. (2019), Analysis of hydrological data of collector waters of the Kashkadarya region, *III republican scientific-practical conference on the topic "Actual problems of integration of education, science and production in the formation of an active investment environment"*, Samarkand, pp. 93-97. (In Russ.).

15. Chembarisov E.I., Shodiev S.R. (2002), Characteristics of collector and drainage waters of the Bukhara region of Uzbekistan, *International scientific and practical conference "Modern research and innovation in science and education"*, Moscow, pp. 221-227. (In Russ.).

16. Shodiev S.R. (2019), Quality of irrigation water in some irrigated areas of Uzbekistan, *The land of Uzbekistan*, No. 3, pp. 33-36. (In Russ.).

17. Shodiev S.R., Chembarisov E.I. (2022), Hydrological and hydrochemical features of collector waters in the Bukhara region, *Economy and Society*, No. 10 (101), part 2, pp. 637-644. (In Russ.).

18. Shodiev S.R., Chembarisov E.I. (2022), Hydrological and hydrochemical monitoring of collector-drainage waters of the Kashkadarya region of Uzbekistan, *Materials of the international scientific and practical conference "Hydrometeorological research in the context of climate change: current problems and ways to solve them"*, Tashkent, pp. 219-222. (In Russ.).

19. Shodiev S.R., Chembarisov E.I., Shodieva G.R. (2021), Mineralization and chemical composition of river and collector water of Kashkadarin region, Republic of Uzbekistan, *Economics and society*, issue 2 (81), part 2, pp. 353-360. (In Russ.).

Сведения об авторах:

Шодиев Санжар Рузикулович – Навоийский государственный педагогический институт (Навои, Узбекистан), доктор географических наук, доцент. E-mail: sanjar_arab@mail.ru

Норкувватова Умида Иззатиллаевна – Навоийский государственный педагогический институт (Навои, Узбекистан), преподаватель.

Information about authors:

Shodiev Sanzhar – Navoi State Pedagogical Institute (Navoi, Uzbekistan), Doctor of Geographical Sciences, Associate Professor. E-mail: sanjar_arab@mail.ru

Norkuvvatova Umida – Navoi State Pedagogical Institute (Navoi, Uzbekistan), teacher.

Для цитирования:

Шодиев С.Р., Норкувватова У.И. Оценка качества коллекторных вод орошаемых территорий юга Узбекистана для ирригации и технологические приемы их использования // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2024. № 1-2. С. 107-116.

For citation:

Shodiev S.R., Norkuvvatova U.I. (2024), Assessment of the quality of collector water irrigated in the south of Uzbekistan for irrigation and technological methods for their use, *Central Asian Journal of Geographical Sciences*, No. 1-2, pp. 107-116 (In Russ.).

КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА

CARTOGRAPHY AND GEOINFORMATICS

UDC 556.5 + 57.087 + 58.056 + 597.2/.5 https://doi.org/10.5281/zenodo.12510072

Myagkov S.V., Myagkov S.S.

Hydrometeorological Research Institute, Tashkent, Uzbekistan

SOLVING HYDROECOLOGICAL PROBLEMS IN THE ARAL SEA REGION USING GIS TECHNOLOGIES

Abstract. *The reservoirs and small water bodies of the Amu Darya delta are of great ecological and social importance for the population of the Aral Sea region. The Amudarya River delta is a dynamic water system consisting of many channels, irrigation canals, drainage collectors, lakes and other small water bodies objects. During the flood period the lakes and reservoirs are filled with water; during the period when the water level in the Amu Darya River decreases then the level in many reservoirs decreases significantly and some dry up. To reduce the risk of drying out of the large lakes of the Aral Sea region the dams were erected to regulate the level in Lake Sudochye. In published sources show the analysis of environmental indicators is descriptive or statistical in nature. This paper shows the possibilities of using GIS technologies for monitoring the environmental situation and in searching for optimal management of the hydrological regime of regulated water bodies in order to achieve an ecological balance between different biological objects. The use of GIS technologies makes it possible to predict the number of populations of the animal world if the number of populations is determined by the size of the living space necessary for the reproduction and existence of a particular biological species. Using the water balance equation, the filling level of Lake Sudochye was calculated for a favorable ecological balance.*

Key words *: ecology, GIS, reservoir, population, vegetation, hydrology, water balance.*

Мягков С.В., Мягков С.С.

Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Ташкент, Узбекистан

РЕШЕНИЕ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ СРЕДСТВАМИ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРИАРАЛЬЕ

Аннотация. *Водоемы дельты Амударьи имеют большое экологическое и социальное значение для населения Приаралья. Дельта реки Амударьи представляет собой динамическую водную систему, состоящую из множества протоков, оросительных каналов, дренажных коллекторов, водоемов. В период половодья водоемы наполняются водой, в период снижения уровня воды в реке Амударье во многих водоемах значительно снижается уровень, а некоторые пересыхают. Для снижения риска пересыхания крупных озер Приаралья возведены дамбы, посредством которых осуществляется регулирование уровня в озере Судочье. В опубликованных источниках анализ экологических индикаторов имеет описательный или статистический характер. В данной работе показаны возможности применения ГИС технологий для мониторинга экологической обстановки и в поиске оптимального управления гидрологическим режимом регулируемых водных объектов с целью достижения экологического баланса между различными биологическими видами. Применение ГИС технологий позволяет прогнозировать численность популяций животного мира, если численность популяций определяется размером жизненного пространства необходимого для размножения и существования конкретного биологического вида. С использованием уравнения водного баланса рассчитан уровень наполнения озера Судочье для благоприятного экологического равновесия.*

***Ключевые слова**: экология, ГИС, водоем, популяция, растительность, гидрология, водный баланс.*

Introduction and problem statement. The conservation and rational use of biodiversity in Uzbekistan is a necessary condition for ensuring environmental safety and sustainable development of the country, as well as the adaptation of natural and economic systems to ongoing climate change processes.

State policy and measures taken in the field of environmental protection and sustainable use of natural resources in Uzbekistan are based on the principles of integration of economic and environmental policies for the conservation and restoration of the natural environment. Monitoring is a fundamental tool for measuring the effectiveness of actions taken to conserve biodiversity and for identifying biological trends, both natural and anthropogenic.

Of particular concern in Central Asia, including Uzbekistan, are the processes of desertification and the high level of anthropogenic impact on desert ecosystems. Particular attention is paid to the problems of biodiversity in the Aral crisis zone. In the context of climate change and while maintaining the current situation, the continued drying of the remaining reservoirs of the Amu Darya delta and increasing salinity inevitably leads to the suppression of active biological life in the Aral Sea region.

The existing wetlands of the Amu Darya delta respond strongly to changes in water supply, air temperature and precipitation. The drying out of the studied lakes in the summer leads to large losses of fish adapted to life in these reservoirs, as well as to damage to fisheries.

Changes in the hydrological regime led to an increase in the salinity of many lakes, which caused changes in hydrochemical parameters, led to a change in vegetation and the disappearance of many species of water-submerged plants.

The studies carried out in 2021-2023 showed the depletion of the flora of aquatic higher vegetation in Karakalpakstan. From the previously presented 21 families representing 60 species, 15 species of higher aquatic plants from various genera have now remained.

Given the scarcity of water resources in the Southern Aral Sea region, the lakes of the Amu Darya delta are the most vulnerable ecosystems. One of the “dangerous” threats to all wetlands is the burning of last year’s reed beds in order to obtain young growth suitable for consumption by livestock. However, the biggest, main threat to the biodiversity of flora and fauna is the complete drying out of water bodies.

Thus, the Southern Aral Sea region with its vast territory, diversity of ecosystems and species composition needs the development of special research aimed at inventorying, assessing the state of biodiversity, developing an environmental monitoring system, and developing principles and methods for preserving natural ecosystems. In this regard, constant monitoring and improvement of security measures is necessary.

Study of the problem. When solving various environmental problems, especially when analyzing biological factors, the use of mathematical methods is often limited to statistics.

In published sources, the analysis of environmental indicators is either descriptive or statistical. The problem of studying floodplains of rivers in humid and urbanized areas throughout the world is given special attention [1, 16, 17]. GIS tools can serve to identify optimal hydrological regimes for water bodies from an environmental point of view [11]. The use of GIS makes it possible to predict the development of populations across a territory, provided that certain patterns of development of a biological species are discovered depending on environmental conditions.

The water ecosystems of the Amu Darya delta are a single complex consisting of a network of main irrigation canals, collectors, lakes and lake systems, united by a single source of water supply - the Amu Darya [9]. The existence of the entire natural complex depends entirely on the water supply conditions of the Amu Darya.

In the past, Lake Sudochye was a large, but shallow, basin on the territory of the Amu Darya delta . It occupied the Aybugir lowland . In this capacity, Sudochye is already marked

on the sea map of A.I. Butakov (1848-1849), where the swampy lake Aybugir or Laudan is indicated. The lake extended 24 km southeast of the shore of the Aral Sea, an area southwest of Cape Urga.

The eastern cliff runs along the western shore of the lake Ustyurt plateau.

Previously, Sudochye was fed by the channels of the Amu Darya river Raushan and Priemuzyak and was connected by the channel to the Aral Sea [18].

The water surface area of the lake reached 350 km², while its length reached 250 km with an average width of 15 km and an average depth of 2 m. Water mineralization varied in the range of 0.6-1.7 ‰. Sudochye served as a spawning ground semi-anadromous fish species, up to 2000 tons of fish were caught per year.

In the 1950-1970s, due to land irrigation, the inflow into the lake decreased significantly, and it completely lost its significance. In the 1960s, due to a decrease in the level of the Aral Sea and the blocking of the Raushan channel, which interrupted the flow of almost all river water, Sudochye began to dry out. In 1968, the shallowed lake broke up into separate reservoirs. In 1972, its area was 96 km².

However, at the same time, the inflow is restored, mainly due to collector and drainage waters. Water from the Amu Darya began to be diverted to Sudochye through the Kungrad collector and the Main collector. The condition of the lake turned out to be completely dependent on the water regime of these canals. The " National Encyclopedia of Uzbekistan " notes that the size and mineralization of the lake are subject to rapid changes.

The aim and objectives of the work. The main goal of this research is to determine the possibility of using GIS technologies to analyze the ecological state of a reservoir under various filling regimes and to identify the most optimal hydrological regime for the system's resistance to the risks of reducing biological diversity.

Among the research objectives, the most prominent are the tasks of constructing a mathematical model based on fundamental environmental limitations for individual biological species and the risks of population decline.

To identify the optimal hydrological regime of Lake Sudochye when implementing regulated water supply to the lake, taking into account water losses due to transpiration by vegetation, the conditions of existence of certain species of animals and vegetation.

Materials and methods. The work used methods for analyzing the terrain and bathygraphy data using GIS technologies. The source materials are satellite terrain data. Published sources on species, canal and hydraulic engineering.

Results and its discussion. A distinctive feature of the Amu Darya delta is the vulnerable nature of its ecosystems, due to the hot climate and increasing water shortages due to the redistribution of the river's water resources in the upstream areas of the basin. This significantly limits fish productivity and the development of game animals, muskrats and birds.

The Amudarya River delta is a dynamic water system consisting of many channels, irrigation canals, drainage collectors, and reservoirs. During the flood period, the reservoirs are filled with water; during the period of decrease in the water level in the Amudarya River, the level in many reservoirs decreases significantly, and some dry up (Fig. 1).

Satellite images depicting the Amu Darya delta show the dynamics of water bodies. In the summer, reservoirs dry out significantly and the coastline, marked by bright outcrops of salt deposits, stands out clearly in the photographs.

Drought 2000-2001 led to extensive drying out of water bodies in the coastal zone of the Amudarya and to the total death of commercial fish populations in the region, undermining the resource base of fisheries, reducing the number of wild birds and the disappearance of the muskrat.

Biological indicators include species of plants and animals, including fish, which can be used to assess the state of the environment and monitor its quality and changes. Indicators of the well-being of water bodies are the high bioproductivity of ecosystems and the development of hunting and commercial game, fish productivity, and aquatic vegetation [11].

Abiotic indicators: water exchange, depth of the water system, water level fluctuations, hydrological regime, transparency, salinity, oxygen concentration in water, open water surface.

Biotic indicators include the development of aquatic vegetation, the development of coastal vegetation, the production of reeds and other vegetation, phytoplankton, zooplankton, zoobenthos, periphyton, avifauna - species diversity, the nature of stay in a reservoir, ichthyofauna - the structure of communities and conditions of reproduction.



Fig. 1. Current (12/10/2022) state of the Amu Darya delta (Landsat satellite image Copernicus)

The main requirement for a regulated hydrological regime of a water body is the fulfillment of water balance conditions [13]. The main restrictions on the hydrological regime of the lake are the creation of conditions for the life support of the populations of biological species inhabiting the object. The second condition is the need to maintain the filling of the lake with water to certain level marks in order to ensure the minimum possible preservation of the habitat [12].

First of all, it is necessary to determine the main biological species living in the Sudochye reservoir and surrounding areas [14].

Lake Sudochye is home to 24 species of fish, 230 species of birds (118 species are hydrophiles), of which 24 are included in the Red List of the International Union for Conservation of Nature and 12 in the Red Book of Uzbekistan, as well as more than 30 species of mammals (of which 2 species are included in the Red Book of Uzbekistan and 3 species in the Red List).

From spring to autumn, Lake Sudochye plays an important role as a place of mass concentration of waterfowl. During the spring migration season, the number of waterfowl in the lake basins exceeds more than 100 thousand. Local residents use the lake for fishing and collecting reeds for livestock and building materials.

According to the observations of researchers [10]: 114 species of birds belonging to 15 orders and 34 families were recorded on the territory of the Sudochye system and adjacent territories. Birds distributed by orders: Podicipediformes - 5 species, Pelecaniformes - 3, Ciconiiformes - 4, Phoenicopteriformes - 1, Anseriformes - 17, Falconiformes - 9, Galliformes - 2, Gruiformes - 1, Charadriiformes - 18, Columbiformes - 2, Strigiformes - 2, Caprimulgiformes - 1, Coraciformes - 2, Piciformes -1, Passeriformes - 46.

Similar data were obtained when analyzing reed beds of lakes in the Sudochye wetland in the summer and autumn of 2020. Biologists found [10] that high water mineralization had a

depressing effect on the development of reeds, which was expressed in a decrease in its growth and biomass, and a low number of young stems. A particularly more negative impact of increased water mineralization was evident in the reed thickets of the southern part of the lake, where dead communities of this plant were more common.

In some cases, the dependence of the development of populations, among other things, is directly determined by the depth of the reservoir of their distribution. Some species are almost rigidly tied to the depths of the reservoir in a certain interval. It is a known fact that for the normal functioning of organisms there are certain habitat criteria. Moreover, for each of the criteria there is a certain acceptable range, beyond which the population is doomed to extinction.

Naturally, within the range there may be some optimum at which the population size will be at its maximum level, all other things being equal. For example, according to research by the UNESCO Caspian Floating University [4], among the feeding conditions of bream in the area of Maly Zhemchuzhny Island (Northern Caspian), it was revealed that "... that the most favorable conditions have developed in the depth zone from 3.0 to 6,0 *м*, at which the feeding index was the maximum. For sturgeon, these are depths from 0 to 12*м*.

According to studies of the reaction of juvenile Caspian crayfish, it was revealed that the optimal salinity for them should be considered the range of 3-6‰".

According to the results of biological studies [5] in the reservoirs of the Aral Sea region, the optimal depths for the development of juvenile fish are depths from 20 to 30 sm. Various hydrological and hydraulic regimes of collector-drainage canals, water from which flows into Lake Sudochye, were taken into account [5].

To select the optimal regulation mode, a digital model of the relief of the earth's surface of the adjacent territories and the bathymetric surface of the lake was built, which made it possible to calculate water losses due to evaporation from the water surface, transpiration by coastal vegetation, water supply requirements in different seasons of the year and other necessary parameters [7].

Many factors, including biological ones, were taken into account as criteria for optimizing the hydrological regime.

Migratory birds are of great ecological importance for the Sudochye wetlands. In different seasons of the year, birds occupy coastal areas of the water surface and settle on the shores of the lake.

Of the biological factors, the following criteria were adopted:

- In winter, it is necessary to maintain a stable water level, since when it fluctuates, especially when it rises, mass death of muskrats is possible, settling along the banks in burrows-"huts" and hibernating in winter.
- Favorable conditions for the development of juvenile fish occur at depths below 30 sm the surface during the period from spawning to adulthood (May-August).
- The development of reed, which is of commercial importance, occurs at depths of up to three meters from the surface of the water.

The modeling results were displayed in a GIS and presented in quantitative form. The distribution of reeds across the territory was assumed for places with depths up to 3 meters. Transpiration was calculated according to this area. Based on the research materials, a table of vegetation evaporation of reed per unit area was compiled (Table 1).

Table 1

Seasonal progression of water losses due to transpiration by reeds and evaporation from open water surface [18]

Months	April	May	June	July	August	September	October	Per season
Transpiration reed, mm	29.0	119.0	321.0	394.0	218.0	103.0	34.0	1298
Evaporation from water surfaces, mm	96	208	272	320	304	208	112	1552

To calculate evaporation from an open water surface, we used empirical formulas recommended in the Guidelines for calculating evaporation from the surface of water bodies [8], which take into account : the maximum elasticity of water vapor, calculated from water temperature, absolute humidity at altitude 2 meters, altitude position above sea level, coefficient depending on the temperature difference between water and air, wind speed based on observations at weather stations in the Aral Sea region [15].

The calculations used operating data from Uzhydromet hydrometeorological stations located in the Aral Sea region. The hydrometeorological precipitation regime was taken based on average monthly values over a long-term period based on materials from Uzhydromet (Table 2).

The table shows the number of days with rain. This is an important factor in terms of runoff from the surface of surrounding areas. Obviously, with such an amount of precipitation, only the water that flows from the coastal areas enters the reservoir from the surface.

Table 2

Climatic characteristics in the Amu Darya delta
(based on materials from Uzhydromet)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Average temperature (°C)	-2.7	-0.5	7.3	15	22.4	27.4	29.4	27.5	20.6	12.3	3.9	-1.4
minimum temperature (°C)	-6.6	-5.4	1	8.1	15.3	20	22.4	20.6	14.1	6.5	-0.6	-4.9
maximum temperature (°C)	1.8	5	13.5	21.1	28.5	33.5	35.4	33.8	26.9	18.3	9	3
Precipitation (mm)	12	11	19	19	15	6	2	2	4	9	11	11
Humidity (%)	68	64	53	43	35	30	31	32	37	49	66	68
Rainy days (D)	2	2	3	3	3	1	1	0	1	2	2	2

The main thing is to take into account the slight slopes of the surface itself, but also the soils that make up these territories [6] and these are mainly desert sands, with a small amount of soil.

The water balance equation for calculating the water level and water surface area can be written in a simple form:

$$\Delta W / \Delta t = X + K - E - T - C \quad (1)$$

where $\Delta W / \Delta t$ is the change in the volume of water (W) over time t , X is the amount of precipitation over time t , K is the drainage of the reservoirs, E *is* evaporation, T is transpiration, C is the discharge through the dam.

The area occupied by reeds and the area of open water depend on the water level in the lake. This determines the consumable parts of the lake's water balance.

Figure 2 shows one of the calculation options. The areas occupied by reeds and open water surface are shown; the calculations used the capabilities of GIS technologies [3].

Here it is necessary to note the fact that the result of constructing a GIS calculation map, built from topographic maps at a scale of 1:25000, was compared with a satellite image of the same territory, and it turned out that some areas of the digital elevation model did not correspond to the image.

Where there was a water surface in the image, there was land on the DEM. When setting different levels of reservoir filling on the DEM, the image did not match the satellite image.

Since the satellite image is an objective reflection of reality, it became clear that the topographic maps were either outdated or had significant errors in their construction. To clarify the DEM, appropriate adjustments were made.

A digital elevation model was tested using topographic maps. Relief elevations and water-filled areas were identified. Water-filled areas stood out especially brightly on satellite images and were bordered by bright stripes of the coastal line.

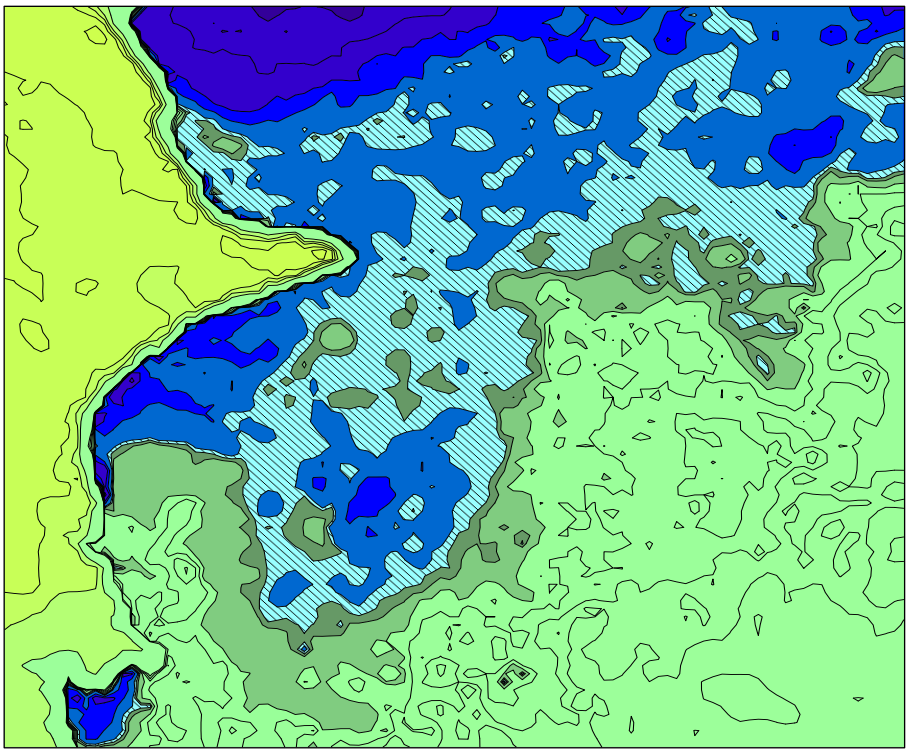


Fig. 2. Displaying the calculation result of one of the options for filling Lake Sudochye at the mark 52,6 m. Dark areas are open water surface. Hatching - reed thickets.

These stripes occur when the capillary level of groundwater exceeds the surface and salts from evaporated water are deposited on the surface of the earth. This circumstance is reflected by a brighter contour around water bodies located in the zone of intense evaporation. Salts on the surface of the earth are objects of stronger reflectivity.

Thus, the digital relief model, built from topographic maps, was corrected by additional geodetic measurements on the ground in the area of Lake Sudochye, according to the methodology proposed [2].

As mentioned above, for optimal development of fish fry, depths of up to 30 sm. Using a digital relief model, a histogram of the distribution of depths was constructed 30 sm (in relation to the volume and area of the mirror) at different filling levels of the reservoir.

The distribution of depths over the territory of Lake Sudochye was calculated 30 sm. According to the histogram of depth distribution of 30 cm, the maximum value of the territory area is at 52.6.

If we assume that the number of fish fry is determined and depends on the conventional unit of space per individual, then during the growth of fry, it should be considered optimal for the fish population to maintain the lake filling level at. 52,6 м, at which the volume of water with depths up to 30 sm will be maximum. Figure 3 shows the contour of the area with depths up 30 sm to the water level in the lake at mark 52,6 м.

The optimal filling level is determined based on the dependence of the distribution of biological species on the filling depth.

Thus, the use of a digital relief model and bathymetric characteristics makes it possible to determine the optimal filling level and hydrological regime of a reservoir to increase the number of biological objects according to known dependencies.

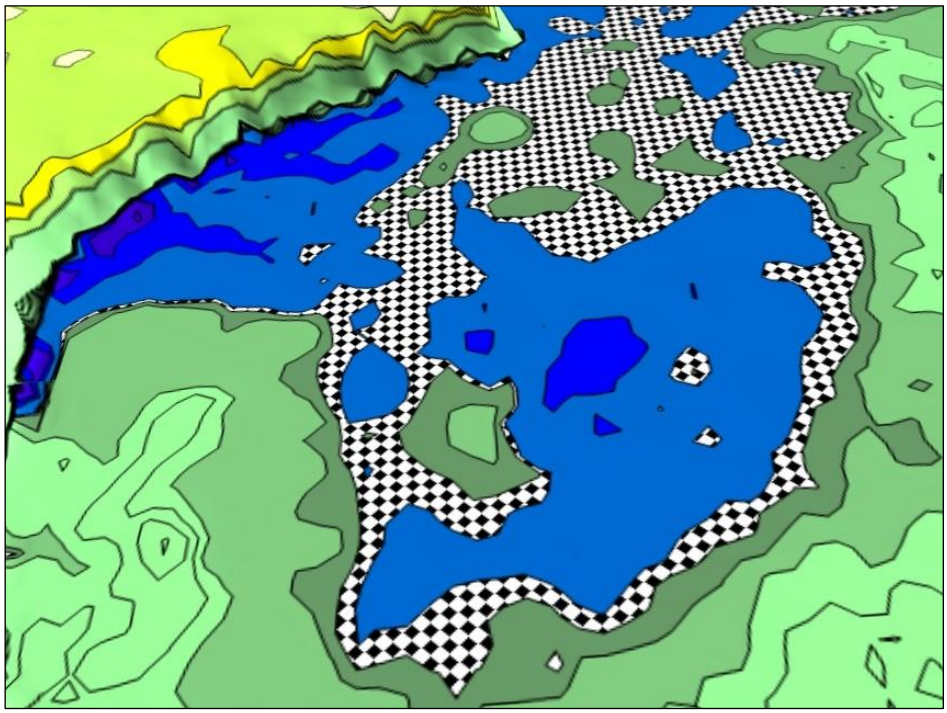


Fig. 3. Digital relief model of Lake Sudochye at the water level of 52.6 m. Hatching shows areas favorable for juvenile fish (depths up to 30 sm)

Conclusions. The application of science-based principles allows us to develop technological solutions using GIS capabilities to assess water bodies in the territorial distribution and distribution of vegetation.

Scientifically based technological solutions make it possible to calculate the optimal mode for managing a regulated reservoir. If the characteristics of a reservoir are known (filling level, calculated depths for different water supplies, etc.), then it becomes possible to set the hydrological regime of water supply based on the known parameters of the life activity of biological species.

The use of GIS technologies to select an environmental basis for decision making allows us to calculate the management regime of a reservoir that is most favorable for biological productivity.

In the case where the water regime of a reservoir is unregulated, it is possible to predict the development of biological species based on known bathygraphy factors that determine population size.

As a result of research on Lake Sudochye, the optimal filling level was established at around 52.6 meters. By maintaining the water level at 52.6 meters, the area of depths up to 30 cm will be maximum, which will increase the conditions for obtaining the maximum number of fish in the lake. This level can be maintained during the period May-August.

In winter, it is necessary to maintain the lake's filling level at a constant level to prevent flooding of the muskrat's huts. Evaporation and transpiration in winter are minimal and it is possible to discharge excess water through the dam gateways.

Areas occupied by reeds will serve as a favorable habitat for waterfowl during migration.

The use of a digital relief model and bathygraphy data makes it possible to assess the manifestation of the hydrological regime of a reservoir and predict the impact of water bodies on the environment.

References:

1. Aitbaev D., Yunusov G. (2003) Mapping surface waters of the Aral Sea basin, *Creation of systems for the rational use of surface and groundwater in the Aral Sea basin*, Tashkent, p. 25-26. (In Russ.).

2. *ArcView® GIS (Using ArcView GIS)* (1996), Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA 92373. 340 p.

3. Boyer JF, Dieulin C., Rouche N. (2006) Sierem: an environmental information system for water resources, *Climate variability and change – hydrological impacts. IAHS Pub.308 ISSN 0144-7815,* p. 19-26.

4. *Caspian Floating University, bulletin* (2000), Ed. UNESCO. No. 1, 54 p. (In Russ.).

5. Chernyshev A., Sharafutdinova N. (2003), Why is GIS needed in land reclamation, *Proceedings of SANIIRI, Issue 1, Rational use of water and land resources,* pp. 126-140. (In Russ.).

6. *Guide to the management of saline soils* (2017), edited by R. Vargas, EI Pankova, SA Balyuk, PV Krasilnikov, GM Khasankhanova), FAO, Moscow State University, Moscow-Rome, 144 p. (In Russ.).

7. Haase M., Barnikel G., etc. (2004), A GIS-based tool for enhancing the ecomorphological quality of running waters, *GIS and Remote Sensing in Hydrology, Water Resources and Environment (Proceedings of ICGRHWE held at the Three Gorges Dam, China, September 2003). IAHS Publ*., No. 289. 293–300 p.

8. *Instructions for calculating evaporation from the water surface of reservoirs* (1969), Leningrad, 83 p. (In Russ.).

9. Mavlonov A.A., Borisov V.A., Khamitov G. (2003) Evolution of groundwater resources of the Republic of Uzbekistan, *Creation of systems for the rational use of surface and groundwater in the Aral Sea basin*, Tashkent, p. 93-100. (In Russ.).

10. *Monitoring of biodiversity of wetlands of the Southern Aral Sea region* (2023), under ed. Sokolova V.I., Tashkent, 183 p. (In Russ.).

11. Myagkov S. (2020), Three-dimensional (3D) spatial-temporal analysis of the hydrochemical model of the Syrdaria river, *Science and Innovative Development*, No. 2, p. 83-89.

12. Myagkov SV (1993), Analysis of satellite information using computer graphics methods, *Environmental ecology monitoring using space information*, Tashkent, p. 66-67. (In Russ.).

13. Myagkov S., Gavrilenko NN, Myagkov S.S. (2021), Graphic-analytical method for analyzing runoff formation in assessing hydrological characteristics, *Central Asian Journal of Geographical Researches*, No. 1-2, pp. 61-68. (In Russ.).

14. Potorzhinsky M., Gataulin V., Pernabekov S., Gorelkin N. (2004), Creation of GIS tools for studying the biological resources of water bodies of the Aral Sea, *Proceedings of the international conference "Research of Geographic Information Systems and simulation models for research and decision-making in river basins of Central Asia"*, Tashkent, 56 p. (In Russ.).

15. Salokhiddinov AT, Khakimov ZM (2003), On the role of the western and eastern parts of the Aral Sea in its water balance, *Annales of TIMI*, p. 57-58. (In Russ.).

16. Wikhile CI, Oyebande L. (2007), Application of GIS in land-use studies in the Osse-Ossiomo River basin, Nigeria, *Remote Sensing for Environmental Monitoring and Change Detection (Proceedings of Symposium HS3007 at IUGG2007, Perugia, July 2007). IAHS Publ*, No. 316, p. 245.

17. Xian-qun W., Li W. (2006), Water demand in the Zhalong Wetland ecosystem, *Climate variability and change – hydrological impacts. IAHS Pub.308*, p. 553-557.

18. Zonn I., Michael H. Glanz V. (2008), *Aral Encyclopedia*, Moscow, p. 53. (In Russ.).

Information about authors:

Myagkov Sergey V. – Hydrometeorological Research Institute (Tashkent, Uzbekistan), Doctor of Technical Sciences, Professor. E-mail: sergik1961@yahoo.com

Myagkov Sergey S. – Hydrometeorological Research Institute (Tashkent, Uzbekistan), senior researcher. E-mail: s.s.myagkov@gmail.com

Сведения об авторах:

Мягков Сергей Владимирович – Научно-Исследовательский гидрометеорологический институт (Ташкент, Узбекистан), доктор технических наук, профессор. E-mail: sergik1961@yahoo.com

Мягков Сергей Сергеевич – Научно-Исследовательский гидрометеорологический институт (Ташкент, Узбекистан), старший научный сотрудник. E-mail: s.s.myagkov@gmail.com

For citation:

Myagkov S.V., Myagkov S.S. (2024), Solving hydroecological problems in the Aral region using GIS technologies, *Central Asian Journal of Geographical Sciences*, No. 1-2, pp. 117-126.

Для цитирования:

Мягков С.В., Мягков С.С. Решение гидроэкологических задач средствами ГИС-технологий в Приаралье // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2024. № 1-2. С. 117-126. (На англ. яз.).

ЮБИЛЕИ

ANNIVERSARIES

АГАДЖАНУ ГЕЛЬДЫЕВИЧУ БАБАЕВУ – 95 ЛЕТ!



В 2024 году 95-летний юбилей отмечает один из крупнейших учёных-пустыноведов планеты, выдающийся туркменский географ, Президент Туркменского географического общества, академик АН Туркменистана, член-корреспондент РАН, доктор географических наук, профессор Агаджан Гельдыевич Бабаев.

Будущий корифей пустыноведческой науки родился 10 мая 1929 года в г. Мары. В 1949 г. А.Г. Бабаев окончил естественно-географический факультет Ашхабадского государственного педагогического института (с 1950 г. – Туркменский государственный университет).

В 1953 году А.Г. Бабаев в Ленинградском педагогическом институте защитил кандидатскую диссертацию, посвящённую оазисным пескам Ташаузского оазиса (научный руководитель – академик АН Туркменистана М.П. Петров), а в 1968 году в Институте географии АН СССР в Москве – докторскую диссертацию, объект исследования которой охватил оазисные пески всей территории Туркменистана. В 1970 г. А.Г. Бабаеву было присвоено учёное звание профессора.

В 1950-1959 годах Агаджан Гельдыевич работал в Туркменском государственном университете, пройдя путь от преподавателя до заведующего кафедрой географии.

С 1959 года жизненный и творческий путь учёного неразрывно связан с Институтом пустынь АН Туркменистана (ныне – Национальный институт пустынь, растительного и животного мира). А.Г. Бабаев стоял у истоков создания этого института и в 1959-1999 гг. был его директором. Он также является одним из инициаторов создания в 1967 году международного научно-практического журнала «Проблемы освоения пустынь», и до настоящего времени трудится в качестве его главного редактора.

А.Г. Бабаев в 1975 году был избран академиком АН Туркменистана, а в 1976 году членом-корреспондентом АН СССР, став единственным географом из региона Центральной Азии, избранным в состав АН СССР за всю историю её существования. С 1993 г. А.Г.Бабаев является членом-корреспондентом РАН. В 1975-1986 и в 1989-1993 гг. А.Г. Бабаев являлся Президентом АН Туркменистана. Он – единственный географ, который когда-либо возглавлял Академию наук союзной республики.

Исследования А.Г. Бабаева посвящены комплексному изучению ландшафтного разнообразия пустынь Центральной Азии и всего мира, проблемам борьбы с опустыниванием и рациональному использованию природно-ресурсного потенциала пустынь. Агаджан Гельдыевич – автор более 400 публикаций, в т.ч. более 15 книг, в частности, «Пустыня Каракумы» (1963), «Оазисные пески Туркменистана» (1973), «Пустыни СССР» (1977), «Пустыни мира» (1986), «Проблемы освоения пустынь» (1995), «Проблемы пустынь и опустынивания в Центральной Азии» (1999), «Проблемы пустынь и опустынивания» (2012) «Жизнь в науке о пустынях» (2014).

А.Г. Бабаевым создана крупная научная школа географов-пустыноведов. Под его руководством защищено 34 кандидатских и 9 докторских диссертаций.

Мы искренне поздравляем Агаджана Гельдыевича Бабаева со славным юбилеем и от имени всех центральноазиатских коллег-географов желаем юбиляру крепкого здоровья и творческого долголетия!

Редакционная коллегия Международного научного журнала «Центральноазиатский журнал географических исследований»

ОЛЕГУ ЛЕОНИДОВИЧУ БАБУШКИНУ – 80 ЛЕТ!



9 июня 2024 года исполняется 80 лет одному из видных специалистов в области агрометеорологии и климатологии Узбекистана, кандидату географических наук, старшему научному сотруднику Научно-исследовательского гидрометеорологического института (НИГМИ) Узгидромета Олегу Леонидовичу Бабушкину.

После окончания в 1970 г. физического факультета ТашГУ (ныне – Национальный университет Узбекистана) О.Л. Бабушкин работал инженером кафедры физики атмосферы, затем младшим научным сотрудником Проблемной лаборатории по струйным течениям (ПЛАСТ) при той же кафедре ТашГУ.

В 1974-2004 годах его трудовая деятельность была связана с НИГМИ Узгидромета. Основное направление его научных изысканий было связано с разработкой проблем зоометеорологического обеспечения каракулеводства в Узбекистане, в том числе с учётом изменения климата. В 1986 году он защитил диссертацию на соискание учёной степени кандидата географических наук на тему «Оценка зоометеорологических условий зимнего выпаса каракульских овец в Узбекистане». В 2005 г. он получил учёное звание старшего научного сотрудника по специальности 11.00.09 – Метеорология, климатология, агрометеорология.

Результаты выполненных О.Л. Бабушкиным работ внедрены в оперативную практику отдела агрометпрогнозов Узгидромета, изданы в справочных материалах, а также опубликованы в трёх монографиях. Одна из них - «Погода, климат и пастбищное животноводство» (соавтор Грингоф И.Г.) - удостоена диплома Росгидромета в 2011 г. Всего О.Л. Бабушкиным опубликовано более 85 научных работ.

О.Л. Бабушкин принимал активное участие в международной деятельности, работая экспертом от Узгидромета в Рабочих группах Межгосударственного совета по гидрометеорологии (МСГ) СНГ РГ-2 и РГ-8, являясь членом рабочей группы по агрометеорологии Региональной ассоциации RA-II (Азия) ВМО, координатором от Республики Узбекистан Программы TPN-3 КБО ООН.

В период с 1997 по 2004 гг. являлся ученым секретарем НТС трёх Государственных научно-технических программ: ГНТП–8, ГНТП-5,6, ГНТП-13 и активным участником их формирования. За время работы в качестве ученого секретаря НИГМИ Бабушкин О.Л. показал себя как специалист высокого уровня, блестяще владеющим вопросами организации научных исследований, активно участвовал в общественной жизни института.

Под руководством О.Л. Бабушкина была выполнена и в 1996 году защищена кандидатская диссертация Т.М. Мухтарова на тему «Оценка зооклиматических условий периода окота и стрижки каракульских овец пустынной зоны Узбекистана».

С сентября 2004 г. по август 2015 г. О.Л. Бабушкин работал в должности доцента кафедры физики атмосферы Физического факультета Национального университета Узбекистана, где вёл лекционные и практические занятия для бакалавров и магистрантов физического и географического факультетов. Под его руководством выполнено и защищено 14 выпускных квалификационных работ и магистерских диссертаций, опубликовано 4 учебно-методических пособия. В последние годы О.Л. Бабушкин снова успешно трудится в НИГМИ Узгидромета.

Поздравляем Олега Леонидовича Бабушкина с замечательной датой и искренне желаем ему долгих лет жизни и активного творчества, крепкого здоровья, благополучия и всяческих успехов.

Редакционная коллегия Международного научного журнала «Центральноазиатский журнал географических исследований»

ЛИДИИ МИХАЙЛОВНЕ КАРАНДАЕВОЙ – 70 ЛЕТ!



Известный в Узбекистане и сопредельных странах Центральной Азии гидролог, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Лидия Михайловна Карандаева родилась 29 марта 1954 года в Ташкенте. В июне 1977 г. она окончила Ташкентский государственный университет (ныне – Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека), получив квалификацию математика, и была направлена по распределению в САРНИГМИ (ныне – Научно-исследовательский гидрометеорологический институт (НИГМИ) Узгидромета).

Свою трудовую деятельность Лидия Михайловна начала в Отделе гляциологии института инженером, младшим научным сотрудником Лаборатории ледников и снежного покрова.

В 2008 году она была назначена исполняющим обязанности заведующего Отделом гляциологии НИГМИ, с 2021 года является заведующей данным отделом.

За долгие годы научной работы Л.М. Карандаева принимала активное участие в разработке научных тем, связанных с расчетами и прогнозами таяния и стока с ледников. Ею разработаны методы расчета полей норм месячных сумм атмосферных осадков и средних месячных температур воздуха в годовом цикле по стандартным данным метеостанций в бассейнах рек Вахш, Пяндж, Зеравшан, Чарвакского, Андижанского и Токтогульского водохранилищ. Эти методы реализованы в виде компьютерных программ, предназначенных для использования в гляциологических и гидрологических расчетах и прогнозах

Л.М. Карандаевой получены авторские свидетельства на программу «REAL», предназначенной для многофакторного линейного регрессионного анализа (2008 г.), программу Grid_T_Chirchik, предназначенную для расчета полей месячных сумм температур в бассейне р. Чирчик (2023 г.), программу Grid_q_Chirchik, которая написана на алгоритмическом языке ФОРТРАН и предназначена для расчета полей месячных (январь-декабрь) сумм атмосферных осадков (2024 г.) Ею создана уникальная база данных норм метеорологических величин (температура воздуха, количество осадков) в узлах регулярной сетки в пределах заданной территории.

В 2005 г. Лидия Михайловна Карандаева успешно защитила диссертацию кандидата технических наук по специальности 11.00.07 – Гидрология суши. Водные ресурсы. Гидрохимия на тему «Прогнозы стока рек Вахш и Зеравшан на июль, август, сентябрь». А в 2010 году Л.М. Карандаевой было присвоено учёное звание старшего научного сотрудника.

Результаты научной деятельности Л.М. Карандаевой отражены в 60 научных трудах, большая часть которых опубликована в материалах международных конференций и симпозиумов.

Лидия Михайловна неоднократно поощрялась грамотами и премиями руководства НИГМИ и Главгидромета Узбекистана. В 2006 году ей присвоено почётное звание «Отличник гидрометслужбы Узбекистана».

В настоящее время, помимо работы заведующим Отдела гляциологии НИГМИ, она участвует в подготовке будущих специалистов-гидрометеорологов.

Сердечно поздравляя Лидию Михайловну с её юбилеем, мы искренне желаем ей долгих лет жизни в окружении любимой семьи и дорогих коллег, новых творческих успехов на научном и педагогическом поприще.

Редакционная коллегия Международного научного журнала «Центральноазиатский журнал географических исследований»

ПАМЯТЬ

MEMORY

НИКОЛАЙ ЛЕОПОЛЬДОВИЧ КОРЖЕНЕВСКИЙ (1879-1958)



В 2024 году исполняется 145 лет со дня рождения выдающегося исследователя природы Средней Азии, члена-корреспондента Академии наук Узбекистана, доктора географических наук, профессора Николая Леопольдовича Корженевского.

Н.Л. Корженевский родился 18 февраля 1879 года в селе Завережье Витебской губернии в дворянской семье с литовско-белорусскими корнями. После окончания реального училища в Костромской губернии юный Николай Леопольдович поступил в Киевское военное училище, которое с успехом окончил в 1901 году.

Молодой офицер Н.Л. Корженевский подал рапорт с прошением отправить его на военную службу в Туркестан. Рапорт его был удовлетворён, и Николаю Леопольдовичу было предписано направиться на службу в город Ош. В 1903 году Н.Л. Корженевский со служебными целями в первый раз отправился на Памир, где прошёл по маршруту длиной 1500 км, собрал большую коллекцию высокогорных растений, определил барометрическим путём абсолютную высоту нескольких десятков пунктов.

В период с 1903 по 1928 год Н.Л. Корженевский организовал и принял активное участие в работе 11 памирских экспедиций. Исследования Н.Л. Корженевского способствовали тому, что были стёрты многие "белые пятна" на карте Памира. Им были открыты многие высочайшие вершины Памира, одна из которых была названа им в честь своей супруги пиком Евгении Корженевской (7125 м). Мировую известность Н.Л. Корженевскому принесла составленная им в 1928 уникальная орографическая карта-схема Памира, на которой был впервые показан большой меридиональный хребет, названный исследователем Хребтом Академии наук.

Н.Л. Корженевский опубликовал первую монографию по ледникам Средней Азии – «Муксу и её ледники» в 1927 году. В 1928 году была опубликована его работа «К вопросу о теоретических типах ледников Средней Азии» (1928) – первый опыт построения генетической классификации ледников края, а в 1930 году – ставшая классической монография учёного «Каталог ледников Средней Азии», где впервые было выполнено научное обобщение данных об оледенении гор Средней Азии.

В 1928 году Н.Л. Корженевский, уйдя с военной службы, занялся научно-педагогической деятельностью в САГУ. В 1937 году ему без защиты диссертации была присвоена учёная степень доктора географических наук. В том же году он стал заведующим кафедрой физической географии САГУ и оставался на этой должности до своей смерти в 1958 году. В 1939 году Н.Л. Корженевский был удостоен высокого звания Заслуженного деятеля науки Узбекской ССР. В 1947 году он первым и единственным из географов республики был избран членом-корреспондентом АН Узбекистана.

Под руководством Н.Л. Корженевского в 1943 году защитил кандидатскую диссертацию Н.Д. Далимов – первый узбек-кандидат географических наук.

В 1953-1958 годах профессор Н.Л. Корженевский являлся Президентом Географического общества Узбекистана.

Имя и выдающиеся научные достижения Н.Л. Корженевского золотыми буквами вписаны в историю исследования природы Средней Азии.

Редакционная коллегия Международного научного журнала «Центральноазиатский журнал географических исследований»

ОЛЬГА ЮРЬЕВНА ПОСЛАВСКАЯ (1914-1996)



Доктор географических наук, профессор Ольга Юрьевна Пославская по праву принадлежит к числу выдающихся учёных-геоморфологов и физико-географов Узбекистана. О.Ю. Пославская родилась в Ташкенте в 1914 году в интеллигентной семье. Её дед – археолог И.Г. Пославский – стоял у истоков создания Туркестанского филиала Императорского Русского географического общества в 1897 году, состоял в его рядах с первых дней его существования. Отец же Ольги Юрьевны – Ю.И. Пославский – был одним из первых учёных, изучавших проблемы размещения производительных сил Узбекистана.

В 1932 году О.Ю. Пославская поступила в Московский горный институт, но уже через год перевелась на Географический факультет Московского государственного университета, который окончила с отличием в 1938 году. После окончания МГУ О.Ю. Пославская вернулась в Ташкент и начала свою научно-педагогическую деятельность на кафедре физической географии САГУ (ныне – Национальный университет Узбекистана).

В первые годы Войны О.Ю. Пославская принимала активное участие в геоморфологических исследованиях на месте строительства будущего Касансайского водохранилища в Ферганской долине. В 1944-1945 гг., вместе с В.М. Четыркиным и Р.С. Лобач, О.Ю. Пославская работала в составе Устюртской экспедиции. На основе полевых материалов, собранных в этой экспедиции, в 1947 г. О.Ю. Пославская защитила диссертацию на соискание учёной степени кандидата географических наук на тему «История развития рельефа Каракалпакского Устюрта».

В 1950-1960-ых годах О.Ю. Пославская принимала активное участие в работе комплексных экспедиций Географического факультета САГУ (с 1961 г. – ТашГУ) в Кашкадарьинскую и Сурхандарьинскую области, Зарафшанскую долину, новоосваиваемые территории Каршинской степи. На основе многолетних полевых исследований структуры и генезиса рельефа южных регионов Узбекистана О.Ю. Пославской была подготовлена и защищена в 1964 году докторская диссертация “Факторы дифференциации рельефа и геоморфологическое районирование Южного Узбекистана”.

Помимо нескольких десятков крупных научных публикаций, О.Ю.Пославская является автором целого ряда научно-популярных книг и туристических путеводителей по различным регионам нашей республики. Особенно широко известна её замечательная книга “По ущельям и вершинам Западного Тянь-Шаня”, где красочно и поэтично описана природа её любимого уголка Узбекистана – Бостанлыкского района Ташкентской области.

Говоря об Ольге Юрьевне, невозможно не упомянуть о её замечательных талантах в изобразительном искусстве, поэзии и мемуаристике. Так, большую известность в широких читательских кругах приобрели воспоминания О.Ю. Пославской “Мой Ташкент”, опубликованные в 11-12 номерах журнала “Звезда Востока” за 1989 год, где она удивительно красочно и интересно описывает Ташкент времён своего детства и молодости.

Ольга Юрьевна Пославская скончалась в Ташкенте в 1996 году, в возрасте 82 лет. Профессор О.Ю. Пославская осталась в истории географической науки и образования Узбекистана как разносторонне одарённый учёный и педагог, внёсший большой вклад в развитие геоморфологии, методики преподавания географии и популяризации знаний о природе и достопримечательностях республики.

Редакционная коллегия Международного научного журнала «Центральноазиатский журнал географических исследований»

ХАМИДУЛЛА ХАСАНОВИЧ ХАСАНОВ (1919-1985)



В 2024 году исполняется 105 лет со дня рождения Хамидуллы Хасановича Хасанова, доктора географических наук, профессора, Заслуженного деятеля науки Узбекистана, ученого-путешественника, просветителя, любимого наставника нескольких поколений узбекских географов.

Х.Х. Хасанов родился 19 января 1919 года в городе Ташкенте в интеллигентной семье. Окончив среднюю школу в 1936 году, он поступил на Геолого-почвенно-географический факультет Среднеазиатского государственного университета (ныне – Национальный университет Узбекистана) и окончил его в 1941 году.

Хамидулла Хасанович начал свою трудовую деятельность в 1937 году преподавателем географии в школе № 35 г. Ташкента. В 1941-1946 годах он служил в рядах Советской Армии синоптиком на военном аэродроме на юго-восточном побережье Каспийского моря. В 1946-1948 годах работал литературным работником в газетах «Кызыл Узбекистан» и «Ёш Ленинчи», в 1948-1950 годах работал географом-методистом Министерства образования Узбекистана, научным сотрудником НИИ педагогических наук.

В 1950-1953 годах Х.Х. Хасанов был аспирантом Института географии АН СССР в Москве, где в 1953 году он защитил кандидатскую диссертацию, посвящённую правилам правильного написания географических терминов и названий на узбекском языке.

В 1953-1954 годах Х.Х. Хасанов работал старшим преподавателем Ташкентского государственного педагогического института (ныне – Ташкентский государственный педагогический университет имени Низами), а в 1954 году – заведующим отделом НИИ педагогических наук Министерства образования Узбекской ССР.

С 1954 г. он являлся доцентом Географического факультета САГУ. В 1967 году Х.Х. Хасанов на заседании Спецсовета при Географическом факультете Ташкентского университета защитил докторскую диссертацию, которая была посвящена научному наследию средневековых учёных-энциклопедистов Средней Азии в области географии и была отмечена заметными историко-научными открытиями.

Х.Х. Хасанову в 1970 году было присвоено ученое звание профессора, а в 1980 году – почетное звание Заслуженного деятеля науки Узбекской ССР.

В 1968-1969 годах профессор Х.Х. Хасанов работал деканом Географического факультета Ташкентского университета, а с 1983 года до конца жизни заведовал кафедрой физической географии ТашГУ.

Творческое наследие Хамидуллы Хасановича Хасанова весьма разнообразно и включает такие научные направления, как история географических исследований и путешествий, физическая география, географическая терминология, топонимика, методика преподавания географии, популяризация географических знаний. К числу наиболее известных научно-просветительских работ учёного можно отнести следующие: «Правописание географических названий» (1962), «Географы и путешественники Средней Азии» (1964), «Язык Земли» (1977), «Учёные-путешественники» (1981), «Тайны географических названий» (1985).

Память о замечательных качествах доктора географических наук, профессора Х.Х. Хасанова как учёного, педагога и интеллигентного человека поныне живёт в сообществе географов Узбекистана и сопредельных государств, а его научные и научно-популярные труды остаются настольными книгами сегодняшних учёных-географов.

Редакционная коллегия Международного научного журнала «Центральноазиатский журнал географических исследований»

ЮРИЙ МИХАЙЛОВИЧ ДЕНИСОВ (1929-2013)



10 января 2024 года исполнилось бы 95 лет широко известному в Узбекистане и за его пределами учёному-гидрологу, доктору технических наук, профессору Юрию Михайловичу Денисову. Юрий Михайлович родился в селе Ново-Алексеевка Оренбургской области в 1929 году. После окончания школы в Галляаральском районе Самаркандской (ныне – Джизакской) области в 1948 г. он поступает в Среднеазиатский индустриальный институт, а в 1951 г. – в Среднеазиатский государственный университет (ныне – Национальный университет Узбекистана) по специальности «Гидролог».

В 1955-1958 гг. Ю.М. Денисов обучался в аспирантуре АН УзССР, работая над кандидатской диссертацией на тему «Снеготаяние и расчет максимальных расходов талых вод», после успешной защиты которой в 1960 г. ему была присуждена ученая степень кандидата технических наук.

В 1969 г. Ю.М. Денисов защитил диссертацию на соискание учёной степени доктора технических наук на тему «Математическое моделирование процесса стока горных рек» на Ученом совете Гидрометеорологического центра СССР в Москве.

Вся научная деятельность Юрия Михайловича была связана со Среднеазиатским научно-исследовательским гидрометеорологическим институтом (САНИГМИ, ныне – НИГМИ). В 1965 г. он был назначен начальником Отдела горной гидрологии института. В дальнейшем Ю.М. Денисов заведовал Лабораторией математического моделирования гидрологических процессов, которая в 1976 г. была преобразована в Отдел математического моделирования гидрометеорологических процессов.

Круг научных интересов Ю.М. Денисова отражают опубликованные им более 150 научных трудов. Прежде всего, это первая в СССР серия работ по математическому моделированию процесса стока горных рек. Главные труды учёного по этому направлению – монографии «Схема расчета гидрографа стока горных рек» (1965) и «Математическое моделирование процесса стока горных рек» (1972).

С конца 1960-ых гг. под руководством Юрия Михайловича были выполнены теоретические исследования по гидродинамике многофазных и многокомпонентных сред применительно к переносу влаги и тепла в почве, снежному покрову и атмосфере, по построению математических моделей роста и развития растительного покрова, в частности, хлопчатника, для районов орошаемого земледелия.

Среди работ Ю.М. Денисова выделяются также исследования по биоклиматологии, проницаемости клеточной мембраны, уравнениям состояния линий электропередач и расчета нагрузок на них, по физике облаков, механике и термодинамике многофазных и многокомпонентных сред.

За деятельное участие в гидрологических расчетах при ликвидации последствий Зеравшанского завала в 1964 г. учёный был награжден орденом «Знак почета». Деятельность Юрия Михайловича Денисова также отмечена присвоением таких почётных званий, как «Отличник Гидрометеослужбы СССР» и «Заслуженный ирригатор УзССР».

Юрий Михайлович Денисов ушёл из жизни 29 мая 2013 года.

Научные труды Ю.М. Денисова поныне широко используются учеными, занимающимися вопросами математического моделирования гидрологических, атмосферных и гидрометеорологических процессов, что является наилучшим признанием его как замечательного учёного и памятью о нём.

Редакционная коллегия Международного научного журнала «Центральноазиатский журнал географических исследований»

ТУРСУН ИМИНОВИЧ РАИМОВ (1934-2015)



Турсун Иминович Раимов, которому в 2024 году исполнилось бы 90 лет, был крупным учёным, внесшим большой вклад в развитие географии городов, считающейся одной из основных отраслей науки экономической географии в Узбекистане.

Т.И. Раимов родился в 1934 году в городе Ош Кыргызской Республики. Он поступил на Географический факультет Среднеазиатского государственного университета (ныне – Национальный университет Узбекистана) в 1951 году и окончил его в 1956 году.

Свою трудовую деятельность Т.И. Раимов начал научным сотрудником Совета по организации производственных сил (СОПС) при ФА Узбекистана. В 1959 году он поступил в аспирантуру МГУ. Под руководством выдающегося советского экономико-географа, профессора МГУ, доктора географических наук Ю.Г. Саушкина молодой ученый проводил научные исследования на тему «Комплексное экономико-географическое исследование столицы республики (на примере города Ташкента)». В 1964 году его диссертация по этой теме была представлена на рассмотрение Спецсовета при Географическом факультете МГУ одновременно на соискание ученых степеней кандидата и доктора географических наук, что свидетельствовало о высокой предварительной оценке работы Т.И. Раимова со стороны Ю.Г. Саушкина и его московских коллег. По итогам защиты, Т.И. Раимову была присвоена учёная степень кандидата географических наук, при этом для присуждения учёной степени доктора географических наук Турсуну Иминовичу не хватило трёх голосов членов Совета.

С 1964 года Т.И. Раимов продолжил научно-педагогическую деятельность на Географическом факультете Ташкентского государственного университета. За свою 15-летнюю работу в университете Т.И. Раимов работал доцентом кафедры экономической географии (в 1964-1970 и 1978-1979 гг.) и деканом факультета (1971-1977 гг.).

Будучи деканом, Турсун Иминович уделял особое внимание повышению качества образования, привлечению молодых выпускников факультета к научным исследованиям. В частности, он подготовил таких известных в Узбекистане и за его пределами высококвалифицированных специалистов по географии населения и городов, как А. Салиев, Р. Тилляев, Т. Маллабаев, М. Янгибаев, З. Райимжанов и других. Всего Т.И. Раимовым было подготовлено 10 кандидатов наук.

За время своей научно-педагогической деятельности ученый опубликовал более 200 работ, посвященных, в основном, Ташкенту и другим столицам государств Центральной Азии.

В 70-е годы прошлого века большое внимание уделялось разработке перспективного плана развития города Ташкента после разрушительного землетрясения 1966 года. В этом процессе принимал активное участие и Т.И.Раимов. В 1979 году его пригласили на работу в Ташкентский проектно-исследовательский институт генерального плана города. Т.И. Раимов проработал в этой научно-производственной организации почти четверть века на различных должностях, начиная с 1979 года.

Т.И. Раимов был единственным членом Союза архитекторов Узбекистана среди узбекских экономико-географов. За научные исследования в области градостроительства и геоурбанистики ему было присвоено ученое звание профессора.

Большой вклад Турсуна Иминовича Раимова в развитие геоурбанистики и градостроительства в Узбекистане, его научное наследие и сегодня высоко ценятся его коллегами, учениками и последователями.

Редакционная коллегия Международного научного журнала «Центральноазиатский журнал географических исследований»

ГЛЕБ ЕВЛАМПИЕВИЧ ГЛАЗЫРИН (1939-2021)



В 2024 году исполнилось 85 лет со дня рождения широко известному в профессиональных кругах стран СНГ и стран дальнего зарубежья учёному-гляциологу Узбекистана, доктору географических наук, профессору Глебу Евлампиевичу Глазырину.

Г.Е. Глазырин родился 20 мая 1939 года в городе Минске. В 1956 г. он поступил на Географический факультет САГУ (ныне – Национальный университет Узбекистана) по специальности «Гидрология суши» и успешно окончил его в 1961 году.

По окончании университета Глеб Евлампиевич начал свою трудовую деятельность в Среднеазиатском научно-исследовательском гидрометеорологическом институте (ныне – Научно-исследовательский гидрометеорологический институт (НИГМИ) Узгидромета) в должности младшего научного сотрудника. Позже в течение многих лет он работал в САНИГМИ старшим научным сотрудником, а в 1980-1982 годах заведовал Лабораторией исследования ледников и снежного покрова.

В 1969 году Г.Е. Глазырин защитил диссертацию на соискание учёной степени кандидата географических наук на тему «Динамика снежного покрова в горах Средней Азии». Научные разработки, представленные в кандидатской диссертации учёного, позволили усовершенствовать методы прогноза речного стока в регионе.

Интенсивные гляциологические исследования Г.Е. Глазырина на протяжении 1970-ых годов легли в основу его диссертации доктора географических наук на тему «Проблема расчета характеристик распределения и режима горных ледников по стандартным данным», успешно защищённой им в 1979 году в Государственном гидрологическом институте в Ленинграде.

В 1982 г. Г.Е. Глазырин переходит на работу в Ташкентский университет, где назначается заведующим кафедрой гидрологии суши. На этой должности профессор Г.Е. Глазырин пребывает до 1994 года. В 1994 г. он возвращается в НИГМИ Узгидромета, где до 2001 г. заведует Лабораторией прикладной климатологии.

В 2001-2003 годах учёный работал в Японии, читал лекции в качестве профессора Института низких температур университета Хоккайдо.

В 2003 г. профессор Г.Е. Глазырин возвращается из творческой командировки в Японию и вновь продолжает руководить Лабораторией прикладной климатологии НИГМИ.

В 2008 году Г.Е. Глазырин вновь переходит на работу в Национальный университет Узбекистана на должность профессора кафедры гидрологии суши. Здесь Глеб Евлампиевич проработал до 2013 года.

За десятки лет плодотворной научно-педагогической деятельности профессором Г.Е. Глазыриным опубликовано около 200 научных работ, в том числе около 10 монографий. Кроме того, много лет Глеб Евлампиевич состоял в Диссертационном совете при НИГМИ Узгидромета.

Мы твёрдо уверены, что труды выдающегося учёного-гляциолога профессора Глеба Евлампиевича Глазырина и в перспективе сохранят своё научно-прикладное значение.

Редакционная коллегия Международного научного журнала «Центральноазиатский журнал географических исследований»

АСОМ АЛИМОВИЧ РАФИКОВ (1939-2003)



Крупный учёный в области физической географии и геоэкологии, известный исследователь геосистем обсохшего дна Аральского моря и Южного Приаралья, доктор географических наук, профессор Асом Алимович Рафиков родился 5 июня 1939 года в городе Ташкенте в семье рабочих.

А.А.Рафиков окончил среднюю школу № 82 г. Ташкента в 1958 году и поступил на Географический факультет САГУ (ныне – Национальный университет Узбекистана). Уже в студенческие годы он принимал активное участие в различных научных экспедициях.

А.А. Рафиков окончил университет с отличием по специальности «Физическая география» в 1963 году. В 1969 году он поступил в аспирантуру кафедры физической географии МГУ. Научным руководителем А.А. Рафикова стала известный во всём СССР ученый-географ, доктор географических наук, профессор Т.В. Звонкова. У неё Асом Алимович перенял верность избранному научному направлению и стремление к постоянной работе над собой.

В 1972 году А.А. Рафиков успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему «Развитие ландшафтов орошаемых районов восточной части Голодной степи». Тем самым Асом Алимович стал пионером мелиоративной географии в Узбекистане.

После возвращения в Ташкент начал работать в Отделе географии Академии наук Узбекистана. Здесь он прошёл ступени младшего научного сотрудника, старшего научного сотрудника, заведующего лабораторией и заведующего отделом.

В 1970-1990 годах географы Узбекистана активно занимались изучением трансформаций ландшафтно-экологических условий на обсыхающем дне Арала и в Южном Приаралье. По данной проблематике были организованы целые экспедиции. Практически во всех этих экспедициях А.А. Рафиков участвовал, в некоторых был руководителем.

Материалы научных исследований того периода легли в основу докторской диссертации учёного. В 1986 году на Ученом совете Института географии Академии наук Азербайджана А.А. Рафиков успешно защитил докторскую диссертацию по специальности 11.00.01 – Физическая география, геофизика и геохимия ландшафта на тему «Исследование изменений дельтовых аридных геосистем в связи с проблемой Арала». Физико-географические и экологические проблемы региона Арала и Южного Приаралья были в центре его исследовательского внимания и интереса до последних дней его жизни.

А.А. Рафиковым опубликовано более 270 научных работ, из них 7 монографий и 3 учебника. А.А.Рафиков на протяжении многих лет преподавал физико-географические дисциплины студентам различных высших учебных заведений Узбекистана. В Национальном университете Узбекистана работал профессором, заведовал кафедрой физической географии.

Под научным руководством профессора А.А. Рафикова около 10 человек получили ученую степень кандидата наук. Отрадно, что проблемами устойчивого развития Приаралья и в целом пустынной зоны Узбекистана много лет активно занимается сын учёного, доктор географических наук Вахоб Асомович Рафиков, который в настоящее время является директором Института сейсмологии АН Узбекистана.

Коллеги и ученики профессора А.А. Рафикова помнят его как учёного широкого профиля, талантливого организатора науки, скромного и благородного человека.

Редакционная коллегия Международного научного журнала «Центральноазиатский журнал географических исследований»

Требования к оформлению статей, представляемых для публикации в международном научном журнале "Центральноазиатский журнал географических исследований"

Для публикации в международном научном журнале "Центральноазиатский журнал географических исследований" в электронном виде, через официальный веб-сайт журнала www.cageojournal.uz принимаются *ранее не публиковавшиеся статьи на актуальные темы, отражающие результаты законченных исследований и вклад автора (авторов) в их достижении, написанные на русском или английском языках*.

Журнал состоит из следующих тематических разделов:
- Теория и история географии;
- Физическая география и геоэкология;
- Экономическая и социальная география;
- Гидрология и климатология;
- География рекреации и туризма;
- Картография и геоинформатика;
- Юбилеи;
- Память.

Статьи представляются в редакцию журнала в электронном виде.

Текст статей должен быть набран в редакторе *Microsoft Word 2003/2007, исключительно* шрифтом гарнитуры *Times New Roman*. В редакторе *Microsoft Word 2007*, необходимо использовать регистр *"Без интервала"*. Поля: *сверху 2 см, снизу 2 см, слева 2,5 см, справа 2,5 см*.

На *первой строке* статьи, слева указывается УДК. Через интервал помещаются *фамилия и инициалы* автора (соавторов). Через интервал помещается название организаций, где работают авторы с указанием города и страны. Если авторы работают в разных организациях, то необходимо использовать цифровые индексы при указании наименования организаций. Эти элементы оформления набирают *12 кеглем, с межстрочным интервалом 1,0*.

На *следующей строке посередине* размещается *название статьи заглавными буквами*, напечатанное *жирным* шрифтом. Под названием приводятся *аннотация статьи (100-150 слов) и ключевые слова (5-8 понятий)* к ней. Эти части статьи набираются *курсивом, 11 кеглем, с межстрочным интервалом 1,0*.

Затем фамилии и инициалы авторов, наименований организаций, в которых авторы работают, название статьи, аннотация и ключевые слова приводятся на английском языке. Параметры оформления (размер и гарнитура шрифта, межстрочный интервал) аналогичны параметрам оформления соответствующих русскоязычных элементов статьи.

Основной текст статьи набирается *12 кеглем, 1,0 интервалом*. Абзац — автоматический, отступ первой строки на 1,25 см, недопустимо делать отступы (левые, правые) пробелами. Переносы не допускаются.

Текст статьи должен быть структурирован следующим образом:
- **Введение и постановка проблемы**;
- **Изученность проблемы;**
- **Цель и задачи работы;**
- **Материалы и методы;**
- **Результаты и их обсуждение;**
- **Выводы.**

Рисунки, графики, карты обязательно нумеруются и подписываются, их названия набираются 11 кеглем под иллюстрациями. Графические материалы исключительно в формате **.jpg*.

Таблицы также нумеруются и подписываются. Номера (Таблица 1 и т.д.) и названия таблиц помещаются над ними и набираются 11 кеглем. Номер таблицы выравнивается по правой

стороне, а название - посередине. Если иллюстрация или таблица заимствованы из источников, принадлежащих другим авторам, необходимо указать этот источник под таблицей, слева.

Не допускается альбомный формат рисунков и таблиц!

Список использованной литературы (не менее 15 и не более 25 источников) в *алфавитном* порядке приводится после текста статьи, *11 кеглем, не нумеруется автоматически* и подписывается как **Использованная литература**. Сначала приводятся источники с названием на *кириллице*, потом работы на иных алфавитах. Библиографические сведения источников оформляются в *принятом стандартном виде*. Требуется наличие в тексте *нумерованных ссылок в квадратных скобках*, например [1], на *каждый* источник; источники, на которые *нет ссылок в тексте, не должны включаться* в список литературы. **Цитаты** приводятся в кавычках, а ссылка оформляется в виде [3, с.65]. Оптимальный уровень самоцитирования автора — не выше 10 % от списка использованных источников. Список использованной литературы дублируется на английском языке под заголовком References.

В конце статьи приводятся *сведения об авторе (соавторах)* статьи, включающие фамилию, имя, отчество (полностью, жирным шрифтом), после тире - место работы и должность, адрес электронной почты, на русском и английском языках.

Рекомендуемый объём статей *от 8 до 15 страниц*.

Представляемая для публикации статья должна быть актуальной, обладать научной новизной, должна включать описание основных результатов исследования, полученных автором, выводы, а также соответствовать правилам оформления, принятым в журнале. Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не публиковавшимся ранее в других печатных изданиях.

Все присланные в редакцию работы проходят двойное «слепое» рецензирование, а также проверку системой «Антиплагиат». Решение о публикации (или отклонении) статьи принимается редколлегией журнала после её рецензирования и обсуждения. Публикация в журнале бесплатная, авторам гарантируется размещение её электронной версии в Интернете.

Оформление списка литературы на русском языке

- *оформление научных статей*

1. Алибеков Л.А., Федорко В.Н. Аральский экологический кризис: предпосылки, последствия, перспективы // Известия Географического общества Узбекистана. 2020. Т. 57. С. 29–37.

- *оформление научных статей в электронных журналах*

2. Дирина А.И. Право военнослужащих Российской Федерации на свободу ассоциаций // Военное право: сетевой журнал. 2007. [Электронный ресурс]: URL: http://www.voennoepravo.ru/node/214 (дата обращения: 19.09.2017).

- *оформление научных монографий*

3. Федорко В.Н. Территориальные природно-хозяйственные системы устьев крупных рек мира. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного Федерального ун-та, 2016. 112 с.

- *оформление диссертаций*

4. Саидов Х. Экономико-географические особенности развития транспортного комплекса Республики Таджикистан: дис. ... канд. геогр. наук. Душанбе, 2010. 171 с.

- *оформление авторефератов диссертаций*

5. Турдымамбетов И.Р. Социально-экономические особенности улучшения нозогеографической ситуации Республики Каракалпакстан: автореф. дисс. ... докт. геогр. наук. Ташкент, 2016. 83 с.

- *оформление статей в сборниках научных конференций*

6. Бакланов П.Я. Территориальные структуры природопользования в региональном развитии // Геосистемы в Северо-Восточной Азии. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Владивосток, 2017. С.4-7.

- *оформление научных статей и монографий, изданных на других языках, в основном списке литературы*

7. *Honkanen A., Pitkanen K., Hall M. C.* A local perspective on cross-border tourism. Russian second home ownership in Eastern Finland // International Journal of Tourism Research. 2016. Vol. 18. No. 2. P. 149–158. DOI: 10.1002/jtr.2041.

8. *Laine J.* Finnish-Russian border mobility and tourism: localism overruled by geopolitics // Tourism and geopolitics: issues and concepts from Central and Eastern Europe / Hall D. (ed.). Wallingford: CABI. 2017. P. 178–190.

9. *Laumann E. O., Pappi F. U.* Networks of Collective Action: A Perspective on Community Influence Systems. New York: Academic Press, 1976. 348 p.

Оформление References

References должен быть представлен в том же порядке (под той же нумерацией), что и русскоязычный список литературы. При оформлении References автоматическая транслитерация (рекомендуется Harvard System of Referencing Guide) используется для фамилий и инициалов авторов статей и монографий, а также названий научных журналов (в случае отсутствия официальных названий журналов на английском языке, например, *Izvestiya Rossiiskoy Akademii Nauk, Seriya Geograficheskaya,* или *The Annales of the Geographical Society of Uzbekistan*), во всех остальных случаях (названия статей, монографий, сетевых журналов, научных сборников и т. п.) осуществляется перевод на английский язык.

Рекомендуется следовать следующему образцу оформления References:

- *оформление научных статей, опубликованных на русском языке*

1. Alibekov L.A., Fedorko V.N. (2020), Aral ecological crisis: prerequisites, consequences, prospects, *The Annales of the GeographicalSociety of Uzbekistan*, vol. 57, pp. 29–37. (In Russ.).

- *оформление научных статей в электронных русскоязычных журналах*

2. Dirina A. I. (2007), The right of the military personnel of the Russian Federation to freedom of association, *Online journal "Military law"*. (In Russ.). URL: http://www.voennoepravo.ru/node/214 (accessed 19.09.2017).

- *оформление научных монографий, изданных на русском языке*

3. Fedorko V.N. (2016), *Territorial natural-economic systems of the mouths of large rivers of the world*, Rostov-on-Don, 112 p. (In Russ.).

- *оформление диссертаций, написанных на русском языке*

4. Saidov Kh. (2010), *Economic and geographical features of the development of the transport complex of the Republic of Tajikistan: dis. ... PhD geogr. sciences*. Dushanbe, 171 p. (In Russ.).

- *оформление авторефератов диссертаций, написанных на русском языке*

5. Turdymambetov I.R. (2016), *Socio-economic features of improving the nosogeographic situation of the Republic of Karakalpakstan: abstract of diss. ... doct. geogr. sciences*. Tashkent, 83 p. (In Russ.).

- *оформление статей в сборниках научных конференций, изданных на русском языке*

6. Baklanov P.Ya. (2017), Territorial structures of environmental management in regional development, *Geosystems in Northeast Asia. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference*, pp. 4–7. (In Russ.).

- *оформление научных статей и монографий, опубликованных на английском языке*

7. Honkanen A., Pitkanen K., Hall M. C. (2016), A local perspective on cross-border tourism. Russian second home ownership in Eastern Finland, *International Journal of Tourism Research,* vol. 18, no. 2, pp. 149–158, DOI: 10.1002/jtr.2041.

8. Laine J. (2017), Finnish-Russian border mobility and tourism: localism overruled by geopolitics, *Tourism and geopolitics: issues and concepts from Central and Eastern Europe,* ed. Hall D., Wallingford, CABI, pp. 178–190.

9. Laumann E. O., Pappi F. U. (1976), *Networks of Collective Action: A Perspective on Community Influence Systems,* New York, Academic Press, 348 p.

Requirements for the design of articles submitted for publication in the international scientific journal "Central Asian Journal of Geographical Research"

For publication in the international scientific journal "Central Asian Journal of Geographical Research" in electronic form, through the official website of the journal www.cageojournal.uz, previously *unpublished articles on current topics are accepted, reflecting the results of completed research and the contribution of the author (authors) in achieving them, written in Russian or English*.

The journal consists of the following thematic sections:
- Theory and history of geography;
- Physical geography and geoecology;
- Economic and social geography;
- Hydrology and climatology;
- Geography of recreation and tourism;
- Cartography and geoinformatics;
- Anniversaries;
- Memory.

Articles are submitted to the editorial office of the journal in electronic form.

The text of the articles should be typed in *Microsoft Word 2003/2007*, exclusively using the *Times New Roman* typeface. Margins: *top 2 cm, bottom 2 cm, left 2.5 cm, right 2.5 cm*.

On the first line of the article, on the left, the UDC is indicated. *The surname and initials* of the author (co-authors) are placed in intervals. The name of the organizations where the authors work with the indication of the city and country is placed through the interval. If the authors work in different organizations, then it is necessary to use digital indices when indicating the names of the organizations. These design elements are typed in *12 point size, with 1.0 line spacing*.

On the next line in the middle is the title of the article in capital letters, printed in bold. The abstract of the article (100-150 words) and keywords (5-8 concepts) to it are given under the title. These parts of the article are typed in italics, 11 point size, with 1.0 line spacing.

Then the surnames and initials of the authors, the names of the organizations in which the authors work, the title of the article, abstract and keywords are given In Russ.ian. The design parameters (size and typeface, line spacing) are similar to the design parameters of the corresponding English-language elements of the article. If the authors are unable to arrange the corresponding elements of the article In Russ.ian, this work, at the request of the authors, will be performed by the editorial staff of the journal.

The main text of the article is typed in *12 point type, 1.0 spacing*. Paragraph - automatic, indentation of the first line by 1.25 cm, it is unacceptable to indent (left, right) with spaces. Transfers are not allowed.

The text of the article should be structured as follows:
- **Introduction and problem statement;**
- **Study of the problem;**
- **The aim and objectives of the work;**
- **Materials and methods;**
- **Results and its discussion;**
- **Conclusions**.

Drawings, graphs, maps must be numbered and signed, their names are typed in 11 point size under the illustrations. Graphic materials are exclusively in **.jpg* format.

Tables are also numbered and signed. Numbers (Table 1, etc.) and the names of tables are placed above them and typed in 11 point size. The table number is aligned to the right and the title is in the middle. If the illustration or table is borrowed from sources belonging to other authors, you must indicate this source below the table on the left.

Landscape format of figures and tables is not allowed!

The list of references (no less than 15 and no more than 25 sources) in *alphabetical* order is given after the text of the article, *11 point size, not automatically numbered* and signed as *References*. First, sources with the name in Cyrillic are given, then works in other alphabets. Bibliographic information of sources is drawn up in the *accepted standard form*. Requires the presence in the text of *numbered links*

in square brackets, for example [1], to *each* source; sources *that are not referenced in the text should not be included in the bibliography*. **Quotes** are given in quotation marks, and the link is drawn up in the form [3, p.65]. The optimal level of self-citation of the author is not more than 10% of the list of used sources.

At the end of the article, information about the author (co-authors) of the article is given, including the last name, first name, patronymic (in full, in bold), after a dash - place of work and position, e-mail address, in English and Russian. . If the authors are unable to arrange the corresponding elements of the article In Russ.ian, this work, at the request of the authors, will be performed by the editorial staff of the journal.

The recommended volume of articles is from 8 to 15 pages.

The article submitted for publication must be relevant, have scientific novelty, must include a description of the main research results obtained by the author, conclusions, and also comply with the formatting rules adopted in the journal. The material offered for publication must be original, not previously published in other print media.

All works sent to the editorial office are double-blind peer-reviewed, as well as checked by the Antiplagiat system. The decision to publish (or reject) an article is made by the editorial board of the journal after reviewing and discussing it. Publication in the journal is free, the authors are guaranteed the placement of its electronic version on the Internet.

Sample References:

- design of scientific articles and monographs published in English:

1. Honkanen A., Pitkanen K., Hall M. C. (2016), A local perspective on cross-border tourism. Russian second home ownership in Eastern Finland, *International Journal of Tourism Research*, vol. 18, no. 2, pp. 149–158, DOI: 10.1002/jtr.2041.

2. Laine J. (2017), Finnish-Russian border mobility and tourism: localism overruled by geopolitics, *Tourism and geopolitics: issues and concepts from Central and Eastern Europe*, ed. Hall D., Wallingford, CABI, pp. 178–190.

3. Laumann E. O., Pappi F. U. (1976), *Networks of Collective Action: A Perspective on Community Influence Systems*, New York, Academic Press, 348 p.

- design of scientific articles published In Russian

4. Alibekov L.A., Fedorko V.N. (2020), Aral ecological crisis: prerequisites, consequences, prospects, *The Annales of the GeographicalSociety of Uzbekistan*, vol. 57, pp. 29–37. (In Russ.).

- registration of scientific articles in electronic Russian-language journals

5. Dirina A. I. (2007), The right of the military personnel of the Russian Federation to freedom of association, *Online journal "Military law"*. (In Russ.). URL: http://www.voennoepravo.ru/node/214 (accessed 19.09.2017).

- design of scientific monographs published In Russ.ian

6. Fedorko V.N. (2016), *Territorial natural-economic systems of the mouths of large rivers of the world*, Rostov-on-Don, 112 p. (In Russ.).

- registration of dissertations written In Russ.ian

7. Saidov Kh. (2010), *Economic and geographical features of the development of the transport complex of the Republic of Tajikistan: dis. ... PhD geogr. sciences*. Dushanbe, 171 p. (In Russ.).

- preparation of abstracts of dissertations written In Russ.ian

8. Turdymambetov I.R. (2016), *Socio-economic features of improving the nosogeographic situation of the Republic of Karakalpakstan: abstract of diss. ... doct. geogr. sciences*. Tashkent, 83 p. (In Russ.).

- registration of articles in collections of scientific conferences published In Russ.ian

9. Baklanov P.Ya. (2017), Territorial structures of environmental management in regional development, *Geosystems in Northeast Asia. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference*, pp. 4–7. (In Russ.).

ОГЛАВЛЕНИЕ / TABLE OF CONTENTS

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЯ / PHYSICAL GEOGRAPHY AND GEOECOLOGY

Яротов А.Е., Гагина Н.В., Макар К.А. Водяные мельницы как элемент историко-культурного наследия в ландшафтах Беларуси 4-16
Yarotau A.E., Hahina N.V., Makar K.A. Water mills as an element of historical and cultural heritage in the landscape of Belarus
Крахмаль К.А. Палеогеографические условия в истории формирования ландшафтной зональности Западного Тянь-Шаня 17-27
Krakhmal K.A. Paleogeographic conditions in the history of the development of the landscape zonality of the Western Tien Shan

ГИДРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ / HYDROLOGY AND CLIMATOLOGY

Карандаева Л.М., Карандаев С.В. Анализ и сравнение среднемесячных расходов воды рек Чирчик-Ахангаранского бассейна базового и текущего климатических периодов 28-41
Karandaeva L.M., Karandaev S.V. Analysis and comparison of average monthly water flow of the rivers of the Chirchik-Akhangaran basin of the base and current climate periods
Акимов А.Н., Людчик А.М., Павленко П.Н., Яротов А.Е., Туболев В.А., Мурашко О.А., Сидоркина Е.И. Об учете нелинейности в зависимости приземного озона от метеорологических условий и его прекурсоров 42-58
Akimov A.N., Lyudchik A.M., Pavlenko P.N., Yarotau A.E., Tuboleu V.A., Murashka A.A., Cidorkina E.I. The problem of accounting for the nonlinear dependence of ground-level ozone from meteorological conditions and its precursors
Арушанов М.Л. Долгосрочный прогноз погоды на основе нелокальности контролируемых диссипативных процессов 59-64
Arushanov M.L. Long-term weather forecast based on non-locality of controlled dissipative processes
Аденбаев Б.Е., Сувонкулов С.С., Петров М.А., Акбаров Ф.Н., Мамиров Х.А. Ледники бассейна реки Ойгаинг и оценка гидрохимического состояния стока, сформировавшегося из них 65-73
Adenbaev B.E., Suvankulov S.S., Petrov M.A., Akbarov F.N., Mamirov Kh.A. Glaciers of the Oygaing River basin and assessment of the hydrochemical state of the runoff formed from them
Чембарисов Э.И., Баллиев А.И. Состояние коллекторно-дренажных вод орошаемой территории Каракалпакстана и обобщение полевых исследований по их использованию 74-85
Chembarisov E.I., Balliev A.I. The state of collector and drainage waters of the irrigated territory of Karakalpakstan and the generalization of field studies on their use
Староватов А.А., Ахмедова Т.А., Сулаймонова Н.Н. К вопросу об изменении климата на евразийском континенте 86-93
Starovatov A.A., Akhmedova T.A., Sulaymonova N.N. On the question of climate change in the Eurasian continent
Сагдеев Н.З., Акрамов И. Отдельные результаты мониторинга гидрологических постов Ферганской долины 94-106
Sagdeev N.Z., Akramov I. Selected results of monitoring hydrological posts in the Fergana Valley
Шодиев С.Р., Норкувватова У.И. Оценка качества коллекторных вод орошаемых территорий юга Узбекистана для ирригации и технологические приемы их использования 107-116
Shodiev S.R., Norkuvvatova U.I. Assessment of the quality of collector water irrigated in the south of Uzbekistan for irrigation and technological methods for their use

КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА/ CARTOGRAPHY AND GEOINFORMATICS

Myagkov S.V., Myagkov S.S. Solving hydroecological problems in the Aral region using GIS technologies 117-126

Мягков С.В., Мягков С.С. Решение гидроэкологических задач средствами ГИС-технологий в Приаралье

ЮБИЛЕИ / ANNIVERSARIES

Агаджану Гельдыевичу Бабаеву – 95 лет! 127

Олегу Леонидовичу Бабушкину – 80 лет! 128

Лидии Михайловне Карандаевой – 70 лет! 129

ПАМЯТЬ / MEMORY

Николай Леопольдович Корженевский (1879-1958) 130

Ольга Юрьевна Пославская (1914-1996) 131

Хамидулла Хасанович Хасанов (1919-1985) 132

Юрий Михайлович Денисов (1929-2013) 133

Турсун Иминович Раимов (1934-2015) 134

Глеб Евлампиевич Глазырин (1939-2021) 135

Асом Алимович Рафиков (1939-2003) 136

Требования к оформлению статей, представляемых для публикации в международном научном журнале "Центральноазиатский журнал географических исследований" 137-139

Requirements for the design of articles submitted for publication in the international scientific journal "Central Asian Journal of Geographical Research" 140-141

ЦЕНТРАЛЬНОАЗИАТСКИЙ ЖУРНАЛ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Международный научный журнал

№ 1-2, 2024

****

CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THE GEOGRAPHICAL RESEARCHES

International scientific journal

№ 1-2, 2024

Чирчик
Chirchik

Подписано к печати 14.06.2024 г. Формат 60x84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать офсетная.
Условных печатных листов 9,0
Тираж 50 экз. Заказ № 20.

Отпечатано в типографии «ZEBO PRINT».
Адрес: Ташкент, Яшнабадский район, военный городок 22.

Signed for printing on 14.06.2024. Format 60x84 1/16.
Typeface Times New Roman. Offset panting.
Conditional printed sheets 9.0
Circulation 50 copies. Order № 20.

Printed in the printing house "ZEBO PRINT".
Address: Tashkent, Yashnabad district, military town 22