

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ЦЕНТР ИЗУЧЕНИЯ ЛЕДНИКОВ НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ТАДЖИКИСТАНА»**



**К Р И О С Ф Е Р А
С R Y O S P H E R E**

**Материалы Международной научной конференции
"Вопросы сохранения ледников и рациональное
использование водных ресурсов Центральной Азии"
СПЕЦВЫПУСК**

№ 3-4 (8)

Душанбе
2022



ISSN 2789-8326

КРИОСФЕРА

Муассиси маҷалла:

МУАССИСАИ ДАВЛАТИИ ИЛМИИ «МАРКАЗИ ОМУЌИШИ ПИРЯХҲОИ АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҲОИ ТОЧИКИСТОН»

Маҷаллаи илмӣ-назариявӣ “Криосфера” соли 2021 таъсис ёфта, дар давоми як сол чаҳор шумора нашр мешавад. Маҷалла таҳти №194/МҚ аз 15 марти соли 2021 дар Вазорати фарҳанги Ҷумҳурии Тоҷикистон ба қайд гирифта шудааст.

Сармуҳаррир: Абдулҳамид ҚАЮМОВ – академики Академияи байналмилалӣ оид ба бехатарии ҳаёт, академики Академияи муҳандисии Ҷумҳурии Тоҷикистон, профессор

Муовини сармуҳаррир: Алишо ШОМАҲМАДОВ – номзоди илмҳои физикаю математика

Ҳайати таҳририя:

Абдуфаттоҳ РАҲИМОВ – доктори илмҳои география, профессор;
Холназар МУҲАББАТОВ – доктори илмҳои география, профессор;
Уктам МУРТАЗОЕВ – доктори илмҳои география, профессор;
Садириддин АБДУРАҲИМОВ – доктори илмҳои геологияю минерология;
Сабур АБДУЛЛОЕВ – доктори илмҳои физикаю математика;
Аҳрорҷон ҚАЛАНДАРОВ – номзоди илмҳои география;
Амриддин САМИЕВ – номзоди илмҳои география;
Муборакшо ТАБАРУКОВ – номзоди илмҳои география.

Ҳайати таҳририяи байналмилалӣ:

Мартин ҲОУЛЗЛ – профессор (Швейтсария);
Майкл ЗЕМП – профессор (Швейтсария);
Франческа ПЕЛЛИКСИОТТИ – профессор (Швейтсария);
Владимир КОНОВАЛОВ – профессор (Москва);
Шичанг КАНГ – профессор (Хитой);
Кристина ТОВМАСЯН – доктор Phd (Қазоқистон);
Эван МАЙЛЗ – доктор Phd (ИМА);
Александр ЕГОРОВ – доктор Phd (Қазоқистон);
Дмитрий ПЕТРАКОВ – доктор Phd (Москва);
Томас САКС – доктор Phd (Швейтсария).

МУНДАРИЧА

1. **Т.С. Завидовская.** Шабакаҳои гидрографии ҳавзаи шаҳри Борисоглебск (вилояти Воронеж, Федератсияи Россия)..... 8-21
2. **Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова, А.Г. Георгиади, С.В. Долгов, Е.А. Кашутина, М.В. Сидорова, С.В. Ясинский.** Таҳлилҳои гидрологӣ ва гидроэкологии Институти географияи Академияи илмҳои Россия (Москва)..... 22-37
3. **В.А. Рафиков, Н.А. Рафикова, Н. М. Каракулов.** Истифодаи оқилонаи захираҳои обӣ дар Осиёи Марказӣ..... 38-46
4. **С.И. Шапоренко, А.М. Абдурашидов.** Мушкилоти омӯختан ва истифодаи кӯлҳои обдор ва хушкшаванда дар минтақаҳои иқлими хушк..... 47-66
5. **Ҳ.А. Абдушукуров, З.Н. Солибоев.** Элементҳои ноёби замин ва анъанавӣ дар таркиби оби дарёҳои Тоҷикистон..... 67-76
6. **А.М. Керимов, О.А. Курашева.** Муқоисаи таркиби металлҳои вазнин дар теппаи фирнавии Помир ва пирахҳои Қафқози Марказӣ..... 77-85
7. **А.Қ. Қаюмов, А. Шомаҳмадов, М. Сафаров.** Муносибати селҳои одӣ ва пирахӣ бо тағйири параметрҳои метеорологӣ..... 86-95
8. **А.Қ.Қаюмов, Ҳ.Д.Наврузшоев.** Баҳодиҳии коҳишёбии пирахҳои қисмати шамолии қаторкӯҳи Аличури Ҷанубӣ то соли 2021..... 96-108
9. **А.Қ.Қаюмов, Ҳ.Қ.Кабутов.** Омӯзиши пираҳи Зулмарти Шарқи (№139) бо усули глятсиологӣ..... 109-117



ISSN 2789-8326

КРИОСФЕРА

Учредитель журнала:

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ЦЕНТР ИЗУЧЕНИЯ ЛЕДНИКОВ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК ТАДЖИКИСТАНА»

Научно-теоретический журнал «Криосфера» основан в 2021 году и выпускается четыре номера в год. Журнал зарегистрирован под №194 / МЦ с 15 марта 2021 года в Министерстве культуры Республики Таджикистан.

Главный редактор: Абдулхамид КАЮМОВ - академик Международной академии наук безопасности жизнедеятельности, академик Инженерной академии Республики Таджикистан, профессор.

Заместитель главного редактора: Алишо ШОМАХМАДОВ – кандидат физико-математических наук.

Редакционная коллегия:

Абдуфаттох РАХИМОВ - доктор географических наук, профессор;
Холназар МУХАББАТОВ - доктор географических наук, профессор;
Уктам МУРТАЗОЕВ - доктор географических наук, профессор;
Садириддин АБДУРАХИМОВ - доктор геолого-минералогических наук;
Сабур АБДУЛЛОЕВ - доктор физико-математических наук;
Ахрорджон КАЛАНДАРОВ - кандидат географических наук;
Амриддин САМИЕВ - кандидат географических наук;
Муборакшо ТАБАРУКОВ - кандидат экономических наук.

Международный редакционный совет:

Мартин ХЕЛЫЦЛЕ - профессор (Швейцария);
Майкл ЗЕМП - профессор (Швейцария);
Франческа ПЕЛЛИКСИОТТИ - профессор (Швейцария);
Владимир КОНОВАЛОВ - профессор (Москва);
Шичанг КАНГ – профессор (Китай);
Кристина ТОВМАСЯН - доктор Phd (Казахстан);
Эван МАЙЛЗ - доктор Phd (США);
Александр ЕГОРОВ - доктор Phd (Казахстан);
Дмитрий ПЕТРАКОВ - доктор Phd (Москва);
Томас САКС - доктор Phd (Швейцария).

© Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Т.С. Завидовская. Гидрографическая сеть Борисоглебского городского округа (Воронежская область, РФ).....	8-21
2.	Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова, А.Г. Георгиади, С.В. Долгов, Е.А. Кашутина, М.В. Сидорова, С.В. Ясинский. Гидрологические и гидроэкологические исследования Института географии РАН (Москва).....	22-37
3.	В.А. Рафиков, Н. А. Рафикова, Н. М. Каракулов. Рациональное использование водных ресурсов Центральной Азии.....	38-46
4.	С.И. Шапоренко, А. М. Абдурашидов. Проблемы изучения и использования бессточных осолоняющихся и пересыхающих озер в регионах засушливого климата.....	47-66
5.	Х.А. Абдушукуров, З.Н. Солибоев. Редкоземельные и рассеянные элементы в составе речных вод Таджикистана.....	67-76
6.	А.М. Керимов, О. А. Курашева. Сравнение содержания тяжелых металлов на Памирском фирновом плато и в ледниках Центрального Кавказа.....	77-85
7.	А.К. Каюмов, А. Шомахмадов, М. Сафаров. Связь обычных и гляциальных селей с изменением метеорологических параметров.....	86-95
8.	А.К.Каюмов, Х.Д.Наврүзшоев. Деградация ледников северного склона Южно-Аличурского хребта по состоянию на 2021 год	96-108
9.	А.К.Каюмов, Х.К.Кабутов. Исследование ледника Восточный Зулмарт (№139) гляциологическим методом.....	109-117



ISSN 2789-8326

CRYOSPHERE

Founder of the journal:

THE STATE SCIENTIFIC INSTITUTION «Center for Research of Glaciers of the National Academy of Sciences of Tajikistan»

The scientific and theoretical journal "Cryosphere" was founded in 2021 and is published four issues a year. The journal is registered under No. 194 / MJ since March 15, 2021 at the Ministry of Culture of the Republic of Tajikistan.

Editor-in-Chief: Abdulhamid KAYUMOV - Academician of the International Academy of Life Safety Sciences, Academician of the Engineering Academy of the Republic of Tajikistan, Professor

Deputy Editor-in-Chief: Alisho SHOMAHMADOV - Candidate of Physical and Mathematical Sciences;

Editorial team:

Kholnazar MUKHABBATOV - Doctor of Geographical Sciences, Professor;
Uktam MURTAZOEV - Doctor of Geographical Sciences, Professor;
Sadiriddin ABDURAHIMOV - Doctor of geological and mineralogical sciences;
Sabur ABDULLOEV - Doctor of Physical and Mathematical Sciences;
Ahrorjon KALANDAROV - Candidate of geographical sciences;
Amriddin SAMIEV - Candidate of geographical sciences;
Muboraksho TABARUKOV - Candidate of geographical sciences.

International Editorial Board:

Martin HOELZLE - Professor (Switzerland);
Michael ZEMP - Professor (Switzerland);
Francesca PELLICCIOTTI - Professor (Switzerland);
Vladimir KONOVALOV - Doctor of Geographical Sciences (Moscow);
Shichang KANG – Professor (China);
Kristine TOVMASYAN – Dr. Phd (Kazakhstan);
Yegorov Alexandr – Dr. Phd (Kazakhstan);
Evan MILES – Dr. Phd (USA);
Dmitry PETRAKOV – Dr. Phd (Moscow);
Tomas SAKS – Dr. Phd, (Switzerland).

© The state scientific institution «Center for Research of Glaciers of the National Academy of Sciences of Tajikistan», 2022

CONTENT

1. **T. S. Zavidovskaya.** The hydrographic network of Borisoglebsk urban district (Voronezh region, Russia)..... 8-21
2. **N. I. Koronkevich, E. A. Barabanova, A. G. Georgiadi, S. V. Dolgov, E. A. Kashutina, M. V. Sidorova, S. V. Yasinsky.** Hydrological and hydroecological studies of the Institute of geography Russian Academy of Sciences (Moscow)..... 22-37
3. **V. A. Rafikov, N. A. Rafikova, N. M. Karakulov.** The rational use of water resources in Central Asia..... 38-46
4. **S. I. Shaporenko, A.M. Abdurashidov.** Problems of studying and using of closed salting and drying lakes in dry climate regions..... 47-66
5. **D.A. Abdushukurov, Z.N. Salibaev.** Rare-earth and traditional elements in the composition of river water of Tajikistan..... 67-76
6. **A. M. Kerimov, O. A. Kurasheva.** Comparison of the content of heavy metals on the Pamir firnov plateau and in the glaciers of the Central Caucasus..... 77-85
7. **A.K. Kayumov, A.M. Shomakhmadov, M.T. Safarov.** The relationship between ordinary and glacial mudflows with changes in meteorological parameters..... 86-95
8. **A.K. Kayumov, H.D. Navruzshoev.** Assessment of glacier degradation on the north slope of the South Alchur ridge as of 2021..... 96-108
9. **A.K. Kayumov, H.K. Kabutov.** Study of the East Zulmart glacier (№139) using glaciological method..... 109-117

УДК 574.5 (470.324)

Т.С. ЗАВИДОВСКАЯ

ГИДРОГРАФИЧЕСКАЯ СЕТЬ БОРИСОГЛЕБСКОГО ГОРОДСКОГО
ОКРУГА (ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ, РФ)

Борисоглебский филиал Воронежского государственного университета

Впервые для Борисоглебского городского округа выполнен анализ современного состояния гидрографической сети. Изучение водных объектов осуществлялось с учетом зависимости их генезиса от природных условий и антропогенных воздействий. Приводится характеристика основных элементов гидрографической сети округа: рек, озер, болот, искусственных водоемов. Отмечены негативные тенденции изменения водных ресурсов: обмеление рек, частичное или полное пересыхание водотоков, переход их в разряд временных, сокращение длины, уменьшение густоты речной сети в целом, заболачивание пойменных территорий, зарастание водоемов. Результаты исследования позволяют рассматривать малые водотоки как индикатор климатических и антропогенных изменений. Ретроспективный анализ водных ресурсов Борисоглебского городского округа с конца XVIII века до наших дней свидетельствует о былой высокой водности территории и демонстрирует постоянное сокращение гидрографической сети.

Ключевые слова: гидрографическая сеть, Борисоглебский городской округ, Хопер, Ворона, антропогенные воздействия, тенденции изменения.

Вода и водные объекты имеют особую экологическую роль, поскольку они являются главными экосистемообразующими факторами биосферы [2]. Водные ресурсы относятся к числу важнейших для человека природных ресурсов, поэтому их учет, оценка динамики и состояния являются **актуальной** проблемой не только частных наук, но и всего естественнонаучного знания в целом. Особую значимость исследования водных ресурсов приобретают в современных реалиях социально-экономического развития страны, при которых природные объекты оцениваются с точки зрения их возможностей в оказании экосистемных услуг.

Понятие «водные ресурсы» не имеет единой общепринятой трактовки. Оно рассматривается в узком смысле как совокупность вод суши: реки, озера, болота, ледники, подземные воды [2]. В широком понимании это все воды

гидросферы в различных агрегатных состояниях [3]. Водные объекты (ручьи, реки, постоянные и временные водотоки, озера, болота, подземные источники, пруды, каналы, водохранилища) образуют гидрографическую сеть региона. Ее особенности определяются физико-географическими особенностями территории.

Количественная оценка водных ресурсов России и СССР ведется с середины XX в. [9]. Для территории Воронежской области существует ряд исследований, содержащих данные об особенностях формирования гидрографической сети, количественном и качественном состоянии водных ресурсов, тенденциях их изменения в условиях меняющегося климата и хозяйственной деятельности [3, 7, 8]. Однако «при крупных территориальных обобщениях оценка водных ресурсов отдельных субъектов... в высокой степени генерализована... и не дает полного представления об изменчивости количественных и качественных показателей водных ресурсов» [3, 2]. Это в полной мере относится к Борисоглебскому городскому округу, для территории которого имеются общие данные, что определяет **новизну** данного исследования.

Среди основных элементов гидрографической сети наиболее уязвимыми, а, следовательно, информативными с точки зрения индикации состояния водных ресурсов, являются верхние звенья – малые водотоки и водоемы. Ослабление поверхностного питания рек, пересыхание водотоков, переход их в разряд временных, сокращение длины и другие изменения отражают многочисленные причинно-следственные связи, вызывающие трансформацию водных ресурсов в целом. Вышесказанное определило **цель** настоящего исследования: дать ретроспективную характеристику гидрографической сети Борисоглебского городского округа с конца XVIII века до наших дней.

Материалы и методика исследования. В соответствии с географо-гидрологическим направлением [6], изучение водных объектов осуществлялось с опорой на генетический принцип, учитывающий зависимость их генезиса от природных условий и антропогенных воздействий. Материалами исследования послужили данные об объектах гидрографической сети. Особое внимание при

этом уделялось выбору источника информации (архивные, полевые, картографические и т.д.). Комплексный сравнительный анализ временной изменчивости объектов исследования основывался на картографическом методе с использованием приемов визуального и картометрического анализов. Климатические характеристики (температура воздуха, направление ветра, количество и вид осадков) приводятся по данным Борисоглебской метеостанции.

Результаты исследования и их обсуждение. Борисоглебский городской округ расположен в центре европейской части Российской Федерации, на северо-востоке Воронежской области. Площадь БГО составляет 1370, 91 км² (2022 г.). Административным, хозяйственным, культурным центром Борисоглебского городского округа является город Борисоглебск.

Борисоглебский городской округ образован в границах территории упраздненного Борисоглебского района в 2006 г. Муниципальное образование включает помимо административного центра 24 населенных пункта. Численность населения (по данным на 01.01.2022 г.) составляет 67,7 тыс. человек, из них 84, 43 % – городские жители.

Территория Борисоглебска и округа расположена на юго-востоке Окско-Донской низменности. Это пластово-аккумулятивная и аккумулятивная платформенная равнина. Ее абсолютная высота не превышает 180 м, средняя составляет 150 м. Долины рек врезаны на глубину 25-40 м. Особенности современного рельефа определяются новейшими тектоническими движениями. Для Окско-Донской равнины они характеризуются опусканием основной части территории в среднем на 2 мм в год. Под влиянием отрицательных движений земной коры, а также таких экзогенных факторов, как выветривание, эрозия, денудация, формируется слегка волнистый, слаборасчлененный оврагами и балками рельеф.

Рельеф края естественно разделяется на две части: пойменную и водораздельную. Вся западная и юго-западная часть округа расположена в пределах долины реки Ворона. Юг и восток территории занимает долина

Хопра. Центральная часть приходится на водораздел Вороны и Хопра, который тянется с севера на юг в соответствии с субмеридиональным простираем главных водных артерий края. Для речных долин характерна четко выраженная асимметрия, у большинства рек правый берег высокий, обрывистый, левый – низкий, пологий. В пойме выделяется три зоны: прирусловая, центральная, притеррасная, которые различаются по совокупности особенностей (режиму поемности, аллювиальности, рельефу, почвенному и растительному покрову). Над поймой возвышаются две террасы: пойменная, на высоте 2-3 м, и надпойменная, на высоте 5-6 м.

Максимальные высоты соответствуют водоразделам и приурочены к восточной и юго-восточной части. Здесь они достигают 168 м.

Борисоглебский округ находится на территории двух климатических районов, относящихся к разным климатическим зонам: восточного района лесостепной зоны и северного района степной зоны. Граница между ними проходит по линии Таловая – Борисоглебск. Она соответствует значению изолинии 1,0 гидротермического коэффициента увлажнения. В восточном лесостепном районе, расположенном к северу и западу от Борисоглебска, коэффициент увлажнения соответствует 1,0 или незначительно превышает ее. В северном степном районе, занимающем восточную и юго-восточную части БГО, коэффициент увлажнения снижается до 0,9.

Осадки в регионе связаны с атлантическими циклонами. Западный перенос воздушных масс преобладает на протяжении всего года, кроме весенних месяцев. Среднее количество осадков составляет 425-500 мм/год. Наибольшее количество осадков (60-70 %) приходится на летние месяцы, для которых характерны быстро проходящие ливни, слабо увлажняющие почву. Снежный покров ложится в конце ноября-начале декабря. Вместе с тем, нередки года, когда снег долго отсутствует в течение морозного периода. Снеговой покров сходит к началу апреля. Относительная влажность воздуха за год в среднем составляет 74 %. В летние месяцы она снижается до 40-45 %, абсолютный минимум составляет 10-13 %.

Текущее столетие характеризуется высокими темпами роста температуры воздуха и частыми аномальными климатическими условиями.

Разнообразие лесостепных ландшафтов определяет высокое видовое богатство растительного покрова. С точки зрения гидрологии наибольшее значение представляют леса. Специальные исследования показывают, что количество осадков над лесом в среднем на 8-15 % больше, чем на соседних безлесных территориях [4].

На территории региона леса имеют островное распространение, соседствуя со степными участками, которые в настоящее время большей частью заняты агроценозами. Лесистость региона невелика, составляет, по разным данным, около 8 %. Однако именно в нижнем течении Вороны располагается один из крупнейших лесных массивов региона – Теллермановский. Он представляет собой один из немногих сохранившихся участков некогда более обширной системы островных лесов лесостепи. Около 75 % территории Теллермановского лесного массива представлено типичной нагорной дубравой. Значительные площади Теллермановского леса расположены в пойме и по надлуговым террасам, преимущественно левобережным. Здесь соседствуют заросли кустарниковых ив на гребнях валов песчаного пляжа и ветловник злаковый, куртины леса из *Quercus robur*, *Ulmus laevis* и *U. foliaceae*, луговые и старичные экотопы, дубравы ландышевые, ландышево-ежевичные [4].

К пойменным территориям помимо дубрав приурочены тополевики, ивняки, черноольшаники. Для песчаных надпойменных террас характерны искусственные насаждения сосны, которые выполняют важные функции закрепления грунта, защиты от эрозии.

БГО расположен в Битюго-Хопёрском гидрологическом районе, для которого характерен низкий поверхностный и подземный сток, маломощные водоносные горизонты, вследствие чего низка интенсивность подземного питания рек. В соответствии с районированием водоносных горизонтов [8] подземные воды, питающие реки, связаны с флювиогляциальными отложениями и песками неогенового возраста.

Суммарная длина водотоков БГО 231,814 км. Густота речной сети 0,172 км/км². Водные ресурсы составляют 0,089 км³. Их суммарная площадь 1348,28 км². Удельная обеспеченность населения составляет 1154,0 м³/чел. [3].

Особенности водных ресурсов региона зависят от двух групп факторов: климатические играют главную роль, характер подстилающей поверхности – опосредованную.

Основная часть территория округа относится к бассейну двух рек: Вороны и Хопра. Река Ворона пересекает район с севера на юг близ западной границы территории. Река Хопёр течет по землям Борисоглебского округа на востоке с севера на юг, далее у села Пески Поворинского района поворачивает на запад, пересекает округ на юге и на юго-востоке в 3 км от г. Борисоглебска принимает реку Ворона.

Река Хопёр, второй по величине приток Дона, транзитная, заходит на территорию округа участком среднего течения (Рис. 1). Она берет начало на западных склонах Приволжской возвышенности в Пензенской области и впадает в Дон в Ростовской области.

Длина Хопра в пределах Воронежской области 206 км. Русло отличается значительной извилистостью. Дно реки песчаное. Ширина долины Хопра меняется от 10 до 30 км. Ширина поймы от 1 до 6-8 км. В левобережной части имеются озера и болота, представляющие собой остатки древнего русла Хопра. Река имеет небольшой уклон. Падение воды превышает 13 см на 1 км длины потока. Отметка уреза воды у с. Третьяки составляет 93 м. Уклон реки на участке с. Третьяки – г. Новохопёрск составляет 0,26 %. Русло песчаное и очень извилистое, вследствие чего вода размывает берега, вызывая обвалы.



Рис. 1. Река Хопёр – главная водная артерия региона (фото автора).

Мелководные места благоприятны для зарастания русла водной растительностью. Режим питания преимущественно снеговой (70-80 %), грунтовое питание составляет менее 20 %, дождевое – около 5 %. Для него характерен резкий и высокий весенний подъем уровня воды. Уровень воды в реке сильно колеблется в разные годы и в течение одного и того же года. Средняя годовая амплитуда колебаний достигает 5 м. Водные запасы небольшие, поэтому в межень река сильно мелеет. Ледовые явления на Хопре начинаются в середине ноября. Средняя продолжительность ледостава превышает 4 месяца. Весенний ледоход наступает в среднем 1-5 апреля и продолжается 3-6 дней. Коэффициент густоты речной сети в бассейне Хопра небольшой, составляет 0,20 км/км².

На территории БГО Хопёр принимает только один приток – реку Ворона (рис. 2). Она берет начало от родников Керенско - Чембарской возвышенности Пензенской области близ села Веденяпино. Общая протяженность Вороны 454 км, в том числе по территории БГО около 40 км.



Рис. 2. Река Ворона у Борисоглебска (фото автора).

На территорию округа приходится нижнее течение р. Вороны. Пойма реки двусторонняя, шириной от 1,5 до 3 км, имеются озера, болота, старицы. Русло песчано-илистое, шириной до 50 м. Половодье наступает в конце марта и продолжается около 52 дней. Меженный уровень р. Вороны у г. Борисоглебска – 86 м над ур. моря. Ледостав начинается в первой декаде

декабря и продолжается около 4 месяцев. К юго-западу от города Борисоглебск река Ворона разделяется на два рукава. Режим питания сходен с таковым у Хопра. Коэффициент густоты речной сети в бассейне р. Вороны составляет 0,22 км/км².

В пределах БГО река Ворона принимает два левых притока: реки Богана и Чигорак.

Река Богана полностью расположена в границах Борисоглебского округа. Общая протяженность реки составляет 28 км, площадь водосборного бассейна — 597 км². Образуется от слияния рек Баклуша и Ростань к западу от с. Махровка. Пойма правосторонняя, шириной 1-2 км, близ впадения в р. Ворону расширяется до 3 км.

Река Баклуша на территории БГО представлена нижним течением (рис. 3). Вплоть до северной окраины с. Махровки река имеет узкую симметричную пойму шириной 300-400 м. Близ устья пойма становится левосторонней, до 0,6-1,0 км. В месте впадения в Богану образуется правостороннее расширение до 2-3 км, сильно заболоченное и залесенное. Река Ростань – левый приток р. Богана, на всем своем протяжении имеет узкую пойму шириной 40-80 м симметричного строения, лишь близ устья пойма расширяется до 1 км.

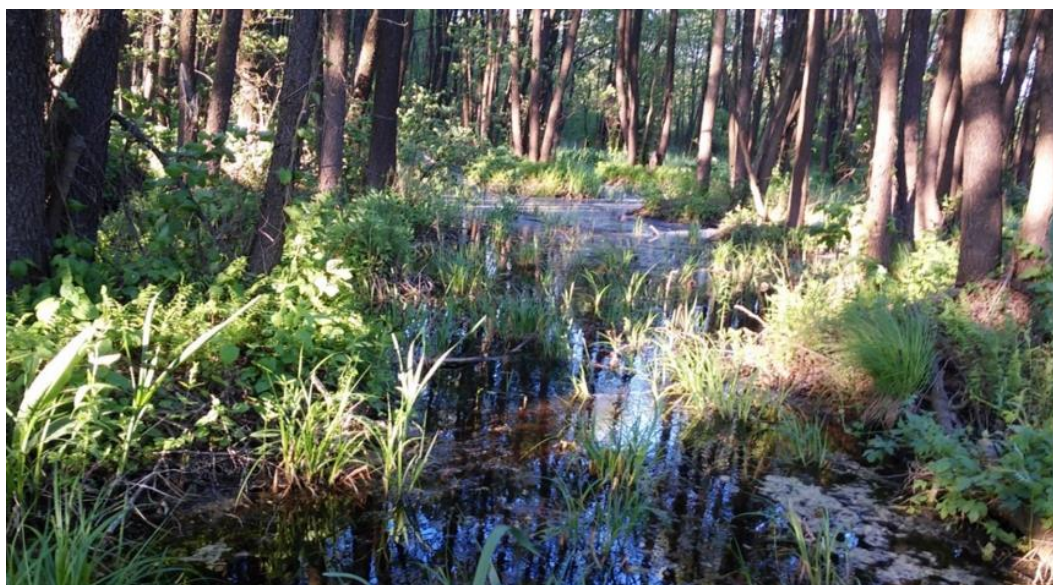


Рис 3. Зарастающее русло р. Баклуши (фото автора).

Самая короткая река округа и всей Воронежской области – Чигорак, ее протяженность составляет 11 км. Протекает по территории БГО с востока на

запад. Пойма левобережная, шириной 1-2 км, у устья расширяется незначительно. Берет начало от родников балки Баклуша и оврага Песчаный.

Крайний восток района дренирует река Кардаил. Она образуется в результате слияния рек Дальний Кардаил и без названия. На этом участке (верхнее течение) пойма слабо развита на левом берегу, ее ширина не превышает 400-600 м.

Небольшой участок границы БГО на севере проходит по реке Донец – временного водока, открывающегося устьем в р. Ворону.

Озер на территории БГО относительно немного. Они распространены в поймах рек, для которых характерно меандрирование. Озерность в бассейне Вороны и Хопра составляет 0,70-0,80 %. Зарегистрировано 116 озер в бассейне р. Хопёр и 61 в бассейне Вороны [3]. Это преимущественно пойменные озера – старицы (рис. 4). Они располагаются цепочкой вдоль главного русла реки, представляют остатки старого русла, находятся на разных стадиях формирования. Так, в северной части г. Борисоглебска образовалась молодая старица, которая на картах 35-летней давности еще представляла собой часть реки Ворона.



Рис. 4. Озеро-старица в пойме Хопра (фото автора).

Вдоль северо-западной окраины города располагается более старое пойменно озеро, обособление которого произошло более 50 лет назад. Примером более древних стариц могут служить озера, расположенные к юго-

западу от Борисоглебска. Самые крупные озера округа оз. Прорва (окрестности с. Танцырей), оз. Большой Ильмень (окрестности г. Борисоглебска). Водораздельные озера в регионе – большая редкость. Например, оз. Олех у с. Богана.

К негативным тенденциям изменения озер можно отнести их зарастание, причиной которого являются обмеление и повышение температуры воды. В течение последнего десятилетия неоднократно отмечались года без разлива или с незначительным паводком. Сокращение объемов весеннего половодья приводит к незаполнению озер-стариц водой до нормального уровня.

На территории БГО зарегистрировано 6 болот: 2 в бассейне Вороны, 4 в бассейне Хопра. Примером может служить болото Моховое на юго-западе округа. Значительно больше в районе заболоченных и подтопленных территорий, на которых наблюдается процесс эвтрофирования. Ими заняты территории в поймах рек Хопёр, Ворона, Богана. Специальные исследования [3] связывают ускорение образования заболоченных территорий с глобальной климатической перестройкой, которая вызывает повышение температуры воздуха и более интенсивное прогревание воды в водоемах, прежде всего мелких. Определенный вклад в данный процесс вносит обеслесивание пойм, что также изменяет тепловой баланс водоемов.

Искусственные водоемы БГО представлены прудами. Они приурочены к верхним звеньям гидрографической сети, предназначены для орошения, разведения рыбы, рекреационных целей. Большинство прудов имеет комплексное значение. Наиболее крупные пруды расположены на востоке округа, приурочены к верховьям балок (пруд Цыганский, балка Маркина). Обводненность БГО за счет прудов одна из самых низких по области и самая низкая для лесостепной зоны Воронежской области, составляет 0,02 % от общей площади территории. Крайне низким является также экологическое состояние прудов округа.

Таково современное состояние гидрографической сети Борисоглебского округа. Однако оно постоянно меняется под совокупным действием двух

групп факторов: естественных и антропогенных. Причем в последние десятилетия вторая группа факторов доминирует, антропогенные воздействия накладываются на климатические процессы, которые проявляются в изменениях речного стока и водных ресурсов в целом.

Наиболее достоверную информацию о водных объектах предоставляют карты региона. Первые подробные сведения появляются в XVIII веке и приурочены к периоду интенсивного заселения и хозяйственного освоения территории. Характерные для региона изменения связаны с активным преобразованием поверхности водосборов: распашка земель, изменение лесистости территории, рост числа населенных пунктов. Значительно меньшую роль играют непосредственный забор воды из водоемов и сброс возвратных сточных вод.

На картах конца XVIII в. [1] изображены разветвленные речные сети притоков Вороны: Большая Грибановка с притоком Малая Грибановка, Чигорак, Богана. Город Борисоглебск с юга и севера ограничен двумя ручьями (Якушкин овраг и Безымянный), впадающими в Ворону. С востока и севера его огибает р. Сухой Чигорак. Ряд малых рек отмечены и в окрестностях сел Петровское (р. Таволжанка), Танцырей (р. Танцырей). Поймы рек богаты озерами-старицами. Например, к юго-западу от с. Третьяки, где территория заболочена. Карты и письменные источники середины XIX в. характеризуют реку Ворону как «судоходную и значительную» [5]. Первые годы существования города неразрывно связаны с функционированием здесь корабельной верфи. Она утратила свое значение к середине XVIII в. и превратилась в торговую пристань, роль которой была значительна вплоть до начала XX в., когда стал широко использоваться железнодорожный транспорт.

Такова характеристика облесенной части региона, которая занимает его запад и юг. Для центральной и восточной части Борисоглебского округа были характерны открытые степные пространства как исходный тип ландшафтов. На Топографической карте Борисоглебского уезда 1787 г. хорошо просматривается густая речная сеть на востоке, в районе современного

Кардаила и ныне сухих крупных балок. Именно к ним приурочены крупные пруды региона, которые собирают весной талую воду и поддерживаются за счет родников, приуроченных к выходу грунтовых вод.

Заключение. Ретроспективный анализ водных ресурсов региона демонстрирует сокращение гидрографической сети. Первое и наиболее явное его проявление – частичное или полное пересыхание водотоков, переход их в разряд временных, сокращение длины (М. Грибановка, Якушкин, Сухой Чигорак и др.). Отсюда вытекает второе следствие – уменьшение густоты речной сети в целом. Третье последствие – обмеление рек. В наше время ничто не напоминает о былом величии реки Ворона. Ряд рек превратился в цепочку неглубоких плесов, участки с замедленным течением активно зарастают водной растительностью: камышом, тростником, осокой и т.д. Четвертое следствие – заболачивание пойменных территорий. Повышение температуры воды стимулирует зарастание водоемов. Эвтрофированию способствует поступление сточных вод различного происхождения, загрязненных удобрениями вод с полей.

Наиболее ярко все перечисленные последствия наблюдаются на примере малых водотоков как индикаторов климатических и антропогенных изменений.

Таким образом, исследования изменений гидрографической сети региона с конца XVIII века до нашего времени свидетельствует о былой высокой водности территории и ее неуклонном снижении.

Литература

1. Геометрическая карта Тамбовскаго наместничества / Сочинена в 1791-м Году в Тамбовской межевой конторе; [подписали]: помощник землемера Иван [Чернов], директор чертежной порутчик Лаврентий Корпылев. – Тамбов: Тамбовская межевая контора, 1791. – 1 к.

2. Данилов-Данильян В.И. Водные ресурсы России: состояние, использование, охрана, проблемы управления // Экономика. Налоги. Право. – 2019. – № 5. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vodnye-resursy-rossii>

sostoyanie-ispolzovanie-ohrana-problemy-upravleniya (дата обращения: 19.11.2022).

3. Дмитриева В.А. Водные ресурсы Воронежской области в условиях меняющегося климата и хозяйственной деятельности: монография. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2015. – 190 с.

4. Завидовская Т.С., Романовский М.Г. Флора и растительность Теллермановского лесного массива. – LAP: Lambert Academic Publishing, 2011. – 405 с.

5. Карта Тамбовской губернии 1862 г. – Издание Г. Некрасова. – <https://elib.rgo.ru/handle/123456789/233922>

6. Кузин П.С. Классификация рек и гидрологическое районирование СССР. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1960. – 455 с.

7. Курдов А.Г. Водные ресурсы Воронежской области: формирование, антропогенное воздействие, охрана и расчеты. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1995. – 207 с.

8. Реки Воронежской области: (Вод. режим и охрана) / А. Г. Курдов. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1984. – 162 с.

9. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность / Под ред. Н. Д. Шека; Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1964. – Т. 7. Донской район. – 267 с.

Т.С. ЗАВИДОВСКАЯ

**ШАБАКАҲОИ ГИДРОГРАФИИ ҲАВЗАИ ШАҲРИ БОРИСОГЛЕБСК
(ВИЛОЯТИ ВОРОНЕЖ, Федератсияи Руссия)**

Филиали Борисоглебский Донишгоҳи давлатии Воронеж

Бори нахуст барои ҳавзаи шаҳри Борисоглебск таҳлили вазъияти ҳозираи шабакаҳои гидрографӣ гузаронида шуд. Омӯзиши объектҳои об бо назардошти вобастагии генезиси онҳо аз шароити табиӣ ва таъсири антропогенӣ гузаронида шудааст. Хусусиятҳои элементҳои асосии шабакаҳои гидрографии ҳавзаи мазкур оварда шудаанд: дарёҳо, кӯлҳо, ботлоқҳо, обанборҳои сунӣ. Тамоюлҳои манфии тағйирёбии захираҳои об қайд карда шудаанд: наст шудани сатҳи дарёҳо, қисман ё пурра хушк шудани

рӯдҳо, ба категорияи муваққатӣ гузаштани онҳо, ҳамзамон кам шудани дарозӣ ва зичии шабакаи дарёҳо дар маҷмуъ, ботлоқшавии маҷрои обхезӣ, ҳудудҳо, аз ҳад зиёд шудани обанборҳо. Натиҷаҳои таҳқиқот имкон медиҳанд, ки дарёҳои хурд ҳамчун нишондиҳандаи тағйироти иқлимӣ ва антропогенӣ ҳисоб карда шаванд. Таҳлили ретроспективии захираҳои оби ҳавзаи шаҳри Борисоглебск аз охири асри XVIII то имрӯз аз баланд будани оби пештараи ҳудуд шаҳодат медиҳад ва мунтазам кам шудани шабакаи гидрографиро гувоҳ аст.

Калидвожаҳо: шабакаи гидрографӣ, ҳавзаи шаҳри Борисоглебск, Хопер, Ворона, таъсири антропогенӣ, тамоюлҳо.

T. S. ZAVIDOVSKAYA

THE HYDROGRAPHIC NETWORK OF BORISOGLEBSK URBAN DISTRICT (VORONEZH REGION, RUSSIA)

Borisoglebsk Branch of Voronezh State University

It is the first time that the analysis of the current state of the hydrographic network has been performed in Borisoglebsk urban district. The study of water bodies was carried out taking into account the dependence of their genesis on natural conditions and anthropogenic impacts. The characteristics of the main elements of the hydrographic network of the district, such as rivers, lakes, swamps, artificial reservoirs, are given. Observed negative trends in water resources changes are as follows: rivers shrinking, partial or complete watercourses drying up, their shifting to the temporary category, decreasing the length and the density of the river network as a whole, swamping of floodplain territories, overgrowing of plain water areas. The results of the study makes it possible to consider small watercourses as an indicator of climatic and anthropogenic changes. The retrospective analysis of the water resources of Borisoglebsk urban district from the late 18th century to the present testifies to the former higher water content of the territory and demonstrates a steady reduction in the hydrographic network.

Key words: hydrographic network, Borisoglebsk urban district, the Khopyor, the Vorona, anthropogenic impacts, trends.

Сведения об авторе:

Т. С. Завидовская. Борисоглебский филиал Воронежского государственного университета, доцент кафедры теории и методики начального образования, кандидат биологических наук, доцент. E-mail: zts.ok@mail.ru

УДК 556.5

Н. И. КОРОНКЕВИЧ, Е. А. БАРАБАНОВА, А. Г. ГЕОРГИАДИ,
С. В. ДОЛГОВ, Е. А. КАШУТИНА, М. В. СИДОРОВА, С. В. ЯСИНСКИЙ

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ ИНСТИТУТА ГЕОГРАФИИ РАН (МОСКВА)

Институт географии РАН, Москва

***Аннотация.** В Институте географии АН СССР географо-гидрологическое направление получило импульс к развитию с назначением в 1960 г. руководителем отдела гидрологии доктора географических наук М.И. Львовича. Идеи, заложенные в 1960–1980 годах, легли в основу последующих работ, результаты которых нашли отражение в монографиях, сборниках и статьях не только сотрудников Института географии РАН, но и других научных организаций. Приводятся некоторые результаты исследований, выполненных в самое последнее время в Институте географии РАН: оценены ландшафтно-гидрологические изменения в бассейне Дона, выявлено, что произошло сокращение (в среднем на 20%) годового речного стока Нижнего Дона главным образом за счет уменьшения стока весеннего половодья вследствие изменения климатических условий; выявлен вклад диффузного (рассеянного по территории) стока биогенных веществ в загрязнение ряда рек Европейской части России, который в ряде случаев составляет до 75–95% их общего выноса со сточными водами; разработаны ансамблевые сценарии изменений речного стока, обусловленные глобальным потеплением и социально-экономическими процессами; на основе оригинальной воднобалансовой модели исследованы возможные изменения параметров речного стока в Европейской части России в XXI в.; выполнен расчет полного и безвозвратного водопотребления и объема сточных вод в мире на уровне 2021 г., который дает представление о современной водохозяйственной карте мира и тенденциях в использовании водных ресурсов; дана оценка влияния урбанизации на годовой речной сток и качество вод в мире.*

Ключевые слова: сток, водозабор, качество вод, изменение, прогноз.

Введение

Гидрологические исследования в Институте географии начались в 1930-ые гг. и имели в основном гидрографический характер. Предшественником лаборатории (отдела) гидрологии был отдел гидрогеографии, созданный в октябре 1934 г. В 1950-1980 гг. под руководством М.И. Львовича в Институте географии АН СССР сформировалась географо-гидрологическая школа, одним из основных направлений которой становится антропогенное.

В основу гидрологических и гидроэкологических исследований Института географии Российской академии наук положено географическое направление, которое предполагает прежде всего выявление особенностей и закономерностей пространственного и пространственно-временного распределения гидрологических характеристик. Это направление объединяет большое количество частных областей гидрологии – ландшафтную, антропогенную, глобальную и др. Как и географии в целом, географическому направлению в гидрологии присуща комплексность, предполагающая рассмотрение связей гидросферы с другими компонентами природной среды – атмосферой, рельефом, геологическим строением, биотой, а также с деятельностью человека.

Один из основных методов исследования – географо-гидрологический, идея которого была разработана одним из основателей Государственного гидрологического института (ГГИ) В.Г. Глушковым. Этот метод позволяет на основе географической аналогии рассчитывать гидрологические характеристики территорий даже при отсутствии или недостатке исходных данных, в условиях неравномерной гидрологической изученности различных территорий и временных периодов. Широко используются и балансовые подходы. Всё активней применяются методы математической статистики, геофизические, физико-математическое моделирование.

Идеи географического направления в гидрологии, заложенные в 1960–1980 годах, легли в основу целого ряда монографий, в том числе с участием сотрудников других научных организаций [1-10 и др.], а также статей. Отметим, что одним из аспирантов нашего Института М.Х. Ходжаевым выполнено исследование водноэкологических проблем Северного Таджикистана [11]. Из работ, выполненных в других подразделениях института, в первую очередь следует назвать удостоенный в 2001 г. Государственной премии Российской Федерации в области науки и техники "Атлас снежных и ледовых ресурсов мира" [12] под редакцией академика РАН В.М. Котлякова, в котором значительное внимание уделено ледниковому стоку, в том числе на территории Таджикистана.

В последние годы гидрологические и гидроэкологические исследования лаборатории гидрологии Института географии РАН сосредоточены на оценке современного состояния водных ресурсов России и мира и сценарных прогнозах их изменения в XXI в. [13-20 и др.] Рассмотрим результаты некоторых из них.

Ландшафтно-гидрологические изменения в бассейне Дона

В южной части Русской равнины выявлена тенденция уменьшения поверхностного склонового стока в период половодья. По сравнению с периодом исчисления нормы речного стока (конец XIX века – 1950-е гг.) средний взвешенный (с учетом структуры угодий и состава почвогрунтов) поверхностный склоновый сток за счет широкого внедрения агротехнических мероприятий, в основном зяблевой (осенней) пахоты, снизился к 1960–1980-ым гг. в среднем на 20% в северной части лесостепи, на 30-40% в южной части лесостепи и на большей части степной зоны и почти в 5 раз на юге последней. К настоящему времени в результате в основном климатических изменений этот сток снизился от 2 раз в северной лесостепи европейской части РФ до более 10 раз в южной части степной зоны (рис. 1). Если бы не сокращение площади зяблевой (осенней) пахоты, характеризующейся пониженным стоком, это уменьшение было бы еще больше. Уменьшение весеннего склонового стока в значительной мере объясняет и современное снижение речного стока половодья в южной части Русской равнины.

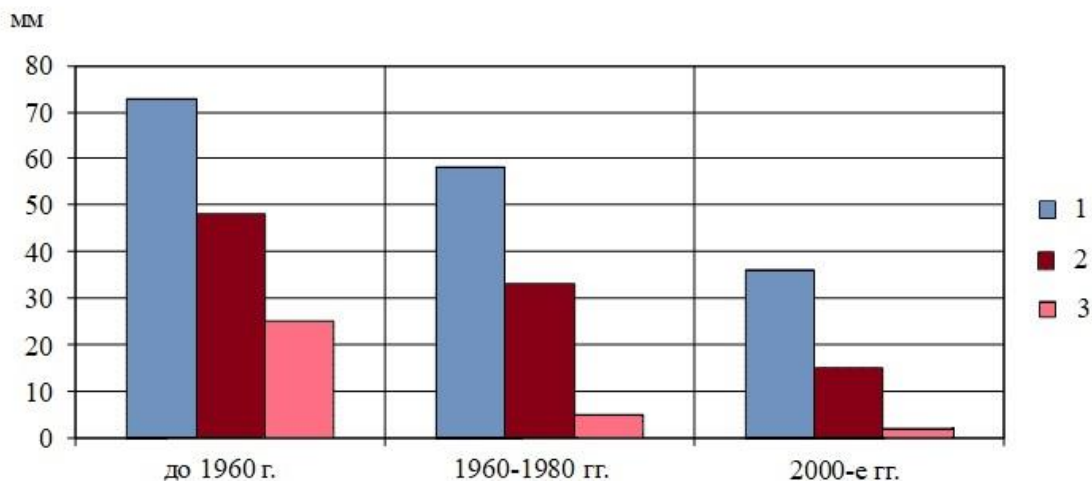


Рис. 1. Поверхностный склоновый сток в разные периоды в южной части Русской равнины. 1 – северная лесостепь (сток речного половодья 100 мм); 2 – центральная лесостепь (сток речного половодья 60 мм); 3 – степная зона (сток речного половодья 20 мм).

Ландшафтно-гидрологические изменения в бассейне Дона показали, что в последние годы в основном в результате климатических изменений резко снизился сток весеннего половодья и возрос меженный сток. В рассчитанной за период 1978–2013 гг. величине стока половодья в бассейне Дона на суммарный с разных угодий поверхностный склоновый сток приходилось 31.2%, с площади гидрографической сети (долины рек, овраги, балки) – 43.1%, на подземный сток – 25.7%. По сравнению с предшествующими годами существенно возросла доля стока с гидрографической сети и подземного стока [21, 22].

Вклад диффузного (рассеянного по территории) стока биогенных веществ в загрязнение ряда рек Европейской части России

На основе разработанной в Институте географии ландшафтно-гидрологической модели, предназначенной для оценки среднего многолетнего выноса биогенных элементов в водные объекты поверхностным склоновым, подземным и почвенным стоком, оценено, что в среднем за год в Чебоксарское водохранилище с местного водосбора от диффузных источников поступает 20,9 тыс. т минерального азота и 950 т минерального фосфора. Интенсивность потока биогенных веществ с водосборов зависит от местных природных и антропогенных условий. В бассейне Чебоксарского водохранилища более 80% поступления потоков биогенных элементов приходится на диффузные источники на водосборе, менее 20% – на сточные воды из точечных источников [18].

На территории Курской области антропогенное поступление биогенных веществ на водосбор является основным. В среднем для Курской области суммарное поступление минерального азота составило 4686 кг/км², а минерального фосфора – 2188 кг/км². Годовой вынос азота с речных водосборов составляет в среднем для территории Курской области 124 кг/км², фосфора – 13 кг/км². Диффузный вынос биогенных веществ в водные объекты в 2008–2016 гг. составил 75–95% их общего выноса со сточными водами от промышленных предприятий и хозяйственно-бытового сектора (рис. 2) [14].

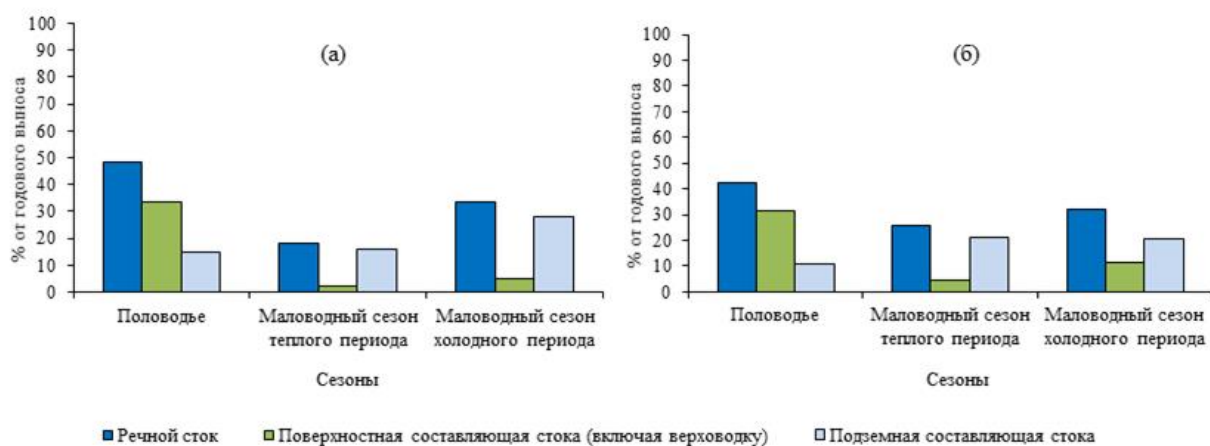


Рис. 2. Внутригодовое распределение диффузного выноса минерального азота (а) и фосфора (б) с речных водосборов Курской области (в среднем за 2008–2016 гг.).

Выполненные исследования могут послужить аналогом для расчета биогенного загрязнения других крупных водных объектов.

Сценарии изменений годового речного стока Волги и Дона

Разработанные ансамблевые сценарии изменений речного стока обусловлены глобальным потеплением и социально-экономическими процессами. В первой трети текущего столетия наиболее вероятно, что средний многолетний годовой сток Дона, независимо от используемого ансамбля контрастных сценариев изменения климата, практически не будет отличаться от его современного условно-естественного значения. Оценки максимально возможных изменений среднего многолетнего годового стока Волги в первой трети XXI в. для различных ансамблей сценариев в целом близки. Возможный рост годового стока этой реки не должен превысить 10% от современного значения. Вариативность внутригодовой структуры речного стока в ответ на сценарные климатические изменения также весьма различна для бассейнов Волги и Дона. Если на Дону можно ожидать "распластывания" волны половодья, то на Волге, напротив, в месяц наибольшего стока во время половодья он может возрасти, тогда как сток следующего за ним месяца может снизиться. При этом вероятно, что зимний сток увеличится и на Волге, и на Дону, тогда как летне-осенний сток на Волге может оказаться ниже современного, а на Дону – выше.

Сопоставление сценариев социально-экономического развития и изменения удельного водопотребления показало, что наиболее предпочтителен с водохозяйственной и гидроэкологической точки зрения сценарий умеренного экономического развития и максимальной реализации мер экономии воды, который позволит сохранить состояние водных ресурсов, близкое к современному, при значительном улучшении качества воды (если будут предприняты радикальные меры по очистке загрязнённых сточных вод). Улучшению гидроэкологической ситуации на Волге будет способствовать и ожидаемое увеличение её водности под влиянием климатических факторов [23].

Возможное влияние глобальных климатических изменений на параметры речного стока в XXI веке в европейской части России

На основе оригинальной воднобалансовой модели исследованы возможные изменения параметров речного стока в европейской части России (ЕЧР) в XXI в. Анализ основан на проекциях будущего климата ансамбля из 12 моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) проекта CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project), наиболее достоверно отражающих региональный климат. Рассмотрены сценарии интенсивности промышленных выбросов: умеренный RCP4.5 и жесткий RCP 8.5. По обоим сценариям значимые изменения среднего многолетнего речного стока будут характерны для центра и юга ЕЧР. По сценарию RCP 4.5 к середине XXI в. сток будет составлять $0,8 \div 0,9$ от современных значений, а по сценарию RCP 8.5 сток на юге может снизиться до $0,7-0,8$ от современного годового стока. В течение XXI века уменьшение стока экстремально маловодных лет и увеличение их повторяемости будет характерно для южной и юго-восточной части Русской равнины. В бассейне Волги ниже Саратова и до Волгограда, а также на Среднем Дону к середине XXI века сток 95% обеспеченности будет составлять от 0,6 (по сценарию RCP 4.5) до 0,5 (сценарий RCP 8.5) от современных значений. Повторяемость экстремально маловодных лет вырастет в 2 раза. К концу столетия в бассейнах Дона, Кубани, Волги южнее Саратова, Терека сток

маловодных лет может сократиться еще сильнее, а повторяемость маловодных лет – увеличиться. По сценарию RCP 8.5 самая неблагоприятная ситуация прогнозируется на Нижней Волге (на юге Волгоградской, в Астраханской областях и в республике Калмыкия), где сток 95% обеспеченности составляет 0,2 от современных значений. При этом частота маловодных лет увеличивается в 8 раз [19, 24].

По обоим сценариям ожидается снижение стока половодья. Наиболее ярко тенденция к уменьшению проявлена на юго-западных территориях ЕТР, где уже в настоящее время наблюдается значительное снижение стока половодья, а в некоторых районах исчезновение половодья как фазы водного режима. Для сценария RCP 4.5 характерен диапазон значений 0.2-1.0 для середины века (рис. 2а) и 0.1-0.8 для конца века (рис. 2б) в долях от значений базисного периода. Для сценария RCP 8.5 в середине века остается территория, не затронутая снижением половодья, от г. Санкт-Петербурга по 60° с.ш., а остальные территории испытывают снижение стока половодья (рис. 2в). Конец века характеризуется наиболее ярким возможным снижением стока половодья от полного исчезновения половодья на юге до значений 0.8 от значений базисного периода на северо-востоке (рис. 2г) [20].

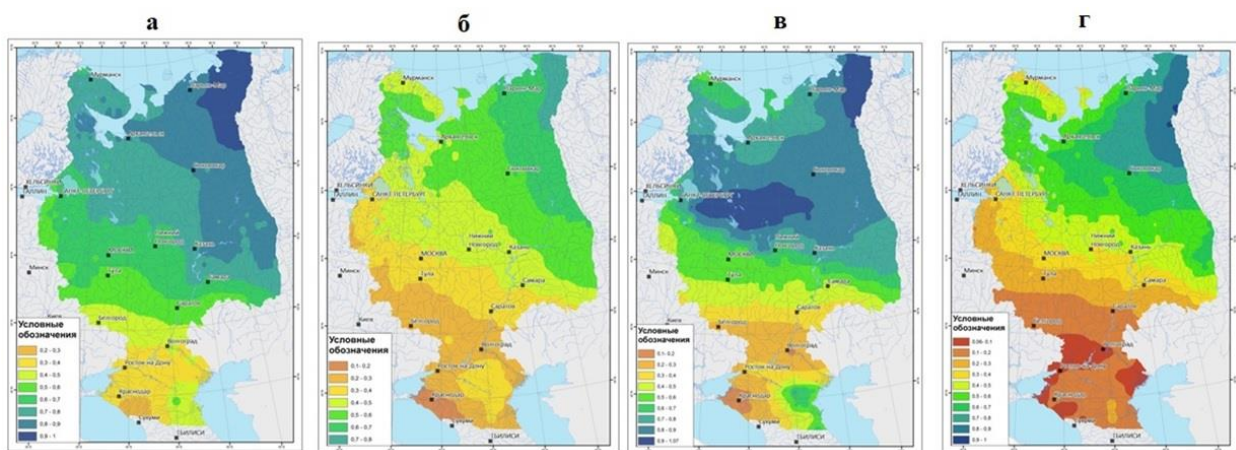


Рис. 2. Слой стока половодья (K_p) в XXI веке в долях от величин базисного периода, рассчитанный по ансамблю 5 МОЦАО. (а – середина века (2046-65 гг.), б – конец века (2081-99 гг.) по сценарию RCP 4.5, в – середина века (2046-65 гг.), г – конец века (2081-99 гг.) по сценарию RCP 8.5).

Ожидаемые гидрологические изменения приведут к целому ряду последствий в основном негативного характера, что потребует разработки

комплекса природоохранных, водоохранных мер. Также выполненный прогноз позволит скорректировать планы развития водного хозяйства на территории европейской части России.

Водохозяйственная карта мира

Выполнен расчет полного и безвозвратного водопотребления и объема сточных вод в мире на уровне 2021 г. По данным наиболее достоверного варианта расчета полное мировое водопотребление составляет около 4500 км³/год, безвозвратное – 2450 км³/год, то есть 55% от полного (табл. 1). По сравнению с 2000 г. полное водопотребление возросло в среднем на 24, а безвозвратное на 12.6 км³/год. Объем сточных и возвратных вод превысил 2000 км³/год. Их разбавление ресурсами речного стока (без безвозвратных изъятий) составляет около 20 раз, что явно недостаточно для сохранения высокого качества природных вод. Отношение безвозвратного расхода к ресурсам речного стока оценивается величиной порядка 6%. По-видимому, не больше и уменьшение речного стока. Более 60% полного и свыше 80% безвозвратного водопотребления приходится на сельское хозяйство, доля коммунального хозяйства составляет, соответственно, несколько более 11 и около 3%, промышленности – около 20 и несколько более 5%, а дополнительного испарения с акватории водохранилищ – 5 и около 10%. Основной объем полного водопотребления (62%), безвозвратного (67%) и объема сточных и возвратных вод (56%) приходится на Азию, а наименьший на Австралию и Океанию (менее 1%). Азия также характеризуется наибольшим отношением безвозвратного расхода к величине речного стока и соответствующего его уменьшения – 12% для среднего по водности года и 14% для маловодного года, а Южная Америка и Австралия наименьшим (менее 1%). Разбавление сточных и возвратных вод в средних многолетних условиях наибольшее в Австралии и Океании, главным образом за счет Океании, и Южной Америке – соответственно, 175 и более 100 раз. Меньше всего разбавляются сточные и возвратные воды в Азии (10 раз), Европе (11 раз) и Северной Америке (18 раз). Еще меньше кратность разбавления в

маловодные годы, что косвенно свидетельствует о значительном загрязнении воды в этих регионах [16].

Таблица 1

Водопотребление и объем сточных и возвратных вод на уровне 2021 г.

Регионы	Водопотребление				Объем сточных и возвратных вод	
	полное		безвозвратное		км ³ %	
	км ³	%	км ³	%		
Европа	466	10.4	228	9.3	238	11.7
Азия	2796	62.2	1648	67.4	1148	56.2
Африка	304	6.8	197	8.1	107	5.2
Северная Америка	665	14.8	246	10.0	419	20.5
Южная Америка	224	5.0	108	4.4	116	5.7
Австралия и Океания	34	0.8	20	0.8	14	0.7
Мир	4489	100	2448	100	2042	100

Необходимо подчеркнуть, что представленные цифровые выкладки характеризуют гидроэкологическую ситуацию для мира и континентов в целом. В отдельных регионах и странах, в том числе в Таджикистане, она может кардинально отличаться от приведенных средних показателей.

Оценка влияния урбанизации на годовой сток и качество вод в мире и на континентах

Из двух аспектов влияния урбанизации на годовой сток в мире – его увеличения за счет роста урбанизированных площадей и уменьшения в результате водопотребления, первый преобладает, что обуславливает общее увеличение стока, особенно в наиболее обжитой части рассматриваемых регионов. Так, увеличение мирового годового стока в результате роста урбанизированных ландшафтов составляет на современном этапе более 760 км³/год при безвозвратном расходе по трем рассматриваемым вариантам на уровне 2017 г. от 167 до 210 км³/год. То есть, общее увеличение стока в результате урбанизации превышает 550 км³/год, что в два с лишним раза больше среднего годового стока Волги. Хотя по отношению к общему годовому стоку это составляет лишь 1.3–1.4 %, а к стоку с наиболее обжитой

территории немногим более 4%. Наибольший объем увеличения стока имеет место в Зарубежной Азии и Северной Америке (от 165 до 191 км³/год), а относительно общего стока – в Зарубежной Европе (4.4–6.4%) и Северной Америке (2.3–2.4%), относительно же стока с наиболее обжитой территории – 6.9–7.3 и 7.0–7.1% соответственно. Для остальных континентов и России характерно значительно меньшее влияние урбанизации на сток. Вместе с тем, в отдельных частях рассматриваемых регионов это влияние в процентном отношении может быть значительно выше (табл. 2).

Таблица 2

Площадь урбанизированных территорий и увеличение годового стока

Регион	Общая площадь региона	Современная площадь урбанизированных территорий		Увеличение стока		
	млн км ²	% общей площади	% наиболее обжитой территории	км ³ /год	% общего стока	% стока с обжитой территории
Зарубежная Европа	6,5	11,5	14,4	140	7	10,8
Зарубежная Азия	30,4	4,5	11,2	257	2,5	8,4
Африка	30,1	0,9	1,8	41	1	1,4
Северная Америка	24,2	4,4	11	217	2,8	8,3
Южная Америка	17,8	1,9	4,3	77	0,6	3,2
Австралия и Океания	8,9	0,6	3,6	9	0,4	2,6
Россия*	17,1	1,1	4,3	23	0,6	3,3
Мир	135	3	7,2	764	1,8	5,7

Намного более ощутимо влияние урбанизации на качество воды рек и водоемов. Если судить о нем по кратности разбавления речным стоком суммарного объема сточных вод и стока с урбанизированных площадей, как правило, загрязненного, то выявляется весьма неблагоприятная картина. Кратность разбавления общим стоком в Западной Европе по осредненному варианту расчетов составляет всего 6 раз, а стоком с наиболее обжитой ее части 4 раза. Немногим лучше положение в Зарубежной Азии и Северной Америке, как и в мире в целом (разбавление стоком с наиболее обжитой его части всего 7 раз). Несколько лучше ситуация на других континентах и в

России. Но ее тоже нельзя считать благополучной, особенно в местах наибольшего сосредоточения населения и промышленности [17].

Заключение

Представленными в данной статье результатами перечень последних разработок лаборатории гидрологии ИГ РАН в области географического направления в гидрологии не исчерпывается. Укажем на палеогидрологические исследования А.Л. Чепалыги; гидроэкологическую оценку современного состояния ряда регионов России, в том числе Центрального федерального округа, выполненную А.Г. Георгиади, Н.И. Коронкевичем, Е.А. Барабановой, С.В. Долговым, С.И. Шапоренко, К.С. Мельником; ландшафтно-гидрологические исследования Е.А. Кашутиной, С.В. Ясинского, М.В. Сидоровой; выявление экономической эффективности использования водных ресурсов России и ее регионов в сравнении с мировыми показателями (С.В. Ясинский, И.С. Зайцева); сравнительная оценка гидроэкологической ситуации в субъектах Российской Федерации (Г.М. Черногаева). Ряд исследований выполнен и в других подразделениях ИГ РАН, в первую очередь, в отделе гляциологии и лаборатории климатологии.

Конечно, огромный объем исследований в области гидрологии географического направления выполнен в самые последние годы и в других организациях России, и за рубежом. Они требуют специального рассмотрения. В целом же отметим, что одной из основных тенденций в географическом направлении в гидрологии является ускоренное развитие физико-математического моделирования гидрологических процессов и явлений, прогнозирование возможных гидрологических и гидроэкологических последствий изменения климата и характера хозяйственной деятельности, изыскание наиболее эффективных путей решения водных проблем.

Источник финансирования: Государственное задание Института географии РАН – FMGE-2019-0007 (AAAA-A19-119021990093-8).

Литература

1. Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия. – М.: Наука, 2003. – 368 с.
2. Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Милюкова И.П. и др. Современные и сценарные изменения речного стока в бассейнах крупнейших рек России. Ч. 2. Бассейны рек Волги и Дона. – М.: Макс Пресс, 2014. – 214 с.
3. Коронкевич Н.И. Водный баланс Русской равнины и его антропогенные изменения. – М.: Наука, 1990. – 205 с.
4. Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Зайцева И.С. Вода и человек. – М.: Перо, 2022. – 324 с.
5. Львович М.И. Человек и воды: Преобразование водного баланса и речного стока. – М.: Географгиз, 1963. – 568 с.
6. Львович М.И. Мировые водные ресурсы и их будущее. – М.: Мысль, 1974. – 448 с.
7. Львович М.И., Карасик Г.Я., Братцева Н.П. и др. Современная интенсивность внутриконтинентальной эрозии суши земного шара / Результаты исследований по международным геофизическим проектам. – М.: Межвед. геофиз. комитет, 1991. – 336 с.
8. Федоров В.Н. Ландшафтная индикация формирования речного стока. – Иркутск-Москва, Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2007. – 175 с.
9. Шапоренко С.И., Абдурашидов А.М. Туралинские озёра: проблемы и решения для пересыхающих лагун. – М.: Медиа-Пресс, 2021. – 181 с.
10. Экстремальные гидрологические ситуации / Отв. ред. Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова, И.С. Зайцева. – М.: Медиа-ПРЕСС, 2010. – 464 с.
11. Ходжаев М.Х. Водноэкологические проблемы Северного Таджикистана. – М., Институт географии РАН, Худжандский государственный университет Республики Таджикистан, 1996. – 163 с.

12. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира / Рос. акад. наук, Ин-т географии. – М.: Научный мир, 1997.

13. Георгиади А.Г., Милюкова И.П. Речной сток Волги в теплые климатические эпохи геологического прошлого, в период инструментальных наблюдений и сценарного будущего // Геоморфология. – 2022. – Т. 53. – № 3. – С. 146-152. – DOI: 10.31857/S0435428122030063

14. Долгов С.В., Швыдкий В.О., Штамм Е.В. Закономерности формирования баланса азота и фосфора на речных водосборах в центральной лесостепи Русской равнины в 1990-2020 гг. // Известия РАН. Серия географическая. – 2021. – Т. 85. – № 3. – С. 355-367. – DOI: 10.31857/S2587556621030031

15. Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Георгиади А.Г., Долгов С.В., Зайцева И.С., Кашутина Е.А., Милюкова И.П., Фролова Т.С., Шапоренко С.И. Географическое направление в гидрологических исследованиях Института географии РАН // Вестник РАН. – 2022. – Т. 92. – № 6. – С. 87-96. – DOI: 10.31857/S086958732206007X

16. Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Зайцева И.С. Оценка современного водопотребления в мире и на континентах, его влияние на годовой речной сток // Вестник Российской академии наук. – 2022. – Т. 92. – № 3. – С. 256-264. – DOI: 10.31857/S0869587322030057.

17. Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Зайцева И.С., Мельник К.С. Оценка влияния урбанизации на годовой сток и качество вод в мире и на континентах // Изв. РАН, сер. географ. – 2022. – Т. 86. – № 3. – С. 470-480.

18. Ясинский С.В., Кашутина Е.А., Сидорова М.В., Нарыков А.Н. Антропогенная нагрузка и влияние водосбора на диффузный сток биогенных элементов в крупный водный объект (на примере водосбора Чебоксарского водохранилища) // Водные ресурсы. – 2020. – Т. 47. – № 5. – С. 630-648. – DOI: 10.31857/S0321059620050223

19. Sidorova M. V., Kashutina E. A., Cherenkova E. A. Impact of regional climate changes on the emergence of extremely dry years in European Russia in the

21st century // Water Resources Management: Methods, Applications and Challenges. Series: Water Resource Planning, Development and Management. – United States, 2020. – P. 1–34.

20. Sidorova M. V., Yasinsky N. S. The influence of regional climatic changes on the flood regime in European Russia in the 21st Century// IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 834 012015 – DOI 10.1088/1755-1315/834/1/012015.

21. Коронкевич Н.И., Долгов С.В., Мельник К.С. Сток с сельскохозяйственных и урбанизированных территорий Европейской части России // Третьи Виноградовские чтения. Грани гидрологии. – СПб: Научное издательство «Лань», 2018. – С. 749-754.

22. Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Георгиади А.Г., Долгов С.В., Зайцева И.С., Кашутина Е.А., Мельник К.С., Ясинский С.В. Человек и вода // Век географии / под ред. В.М. Котлякова, О.Н. Соломиной, А.А. Тишкова, В.А. Колосова. – М.: Дрофа, 2018. – С. 231-259

23. Georgiadi A.G., Koronkevich N.I., Milyukova I.P., Varabanova E.A. Ensemble scenarios for projections of runoff changes for large Russian rivers in XXI century // Proceedings of ICWRS 2014, Bologna, Italy, June 2014. – IAHS Publ. 364, 2014. – P. 210-215.

24. Черенкова Е.А., Сидорова М.В. Оценка современных условий недостаточного увлажнения, влияющих на маловодность в бассейнах крупных рек Европейской части России // Водные ресурсы. – 2021. – Т. 48. – № 3. – С. 260-269. – DOI: 10.31857/S0321059621030068

Н. И. КОРОНКЕВИЧ, Е. БАРАБАНОВА, А. Г. ГОРЖИЯДИ,
С. В. ДОЛГОВ, Е. КАШУТИНА, М. В. СИДОРОВ, С. В. ЯСИНСКИЙ

**ТАҲЛИЛҶОИ ГИДРОЛОҶИ ВА ГИДРОЭКОЛОГИИ
ИНСТИТУТИ ГЕОГРАФИЯИ Академияи илмҳои Россия (МОСКВА)**

Институти географияи АИР Москва

Ҷишурда. Дар Институти географияи Академияи фанҳои СССР дар самти географӣ ва гидрологӣ соли 1960 ба вазифаи мудири шӯбаи гидрология, доктори илмҳои география М. Лвович интихоб шуда, онро раванҷ бахшид. Идеяҳои, ки дар давраи солҳои 1960—1980 ба миён гузошта шуда буданд, асоси корҳои минбаъдари таҳкил доданд, ки натиҷаҳои онҳо на танҳо дар монография, маҷмуа ва мақолаҳои ходимони Институти

географияи Академияи илмҳои Россия, балки аз тарафи дигар муассисаҳои илмӣ низ инъикос ёфтанд. Баъзе натиҷаҳои тадқиқоти ба наздикӣ дар Институти географияи Академияи илмҳои Россия гузаронида шуда оварда шудаанд: баҳо додани тағйироти ландшафтӣ ва гидрологӣ дар ҳавзаи Дон маълум гардид, ки дар ҳавзаи ҳудуди замин камшавии оби дарёҳои Дони Поён (ба ҳисоби миёна 20 Ҷоиз) мушоҳида мешавад. Асосан аз сабаби кам шудани обхезии баҳорӣ бинобар тағйир ёфтани шароити иқлим; саҳми маҷрои диффузии (дар ҳудуди пароканда) моддаҳои биогенӣ дар ифлосшавии як қатор дарёҳои қисми аврупоии Россия муайян карда шуд, ки дар баъзе мавридҳо 75-95 Ҷоизи ҳаҷми умумии онҳо бо оби партовро ташиқ медиҳанд; сценарияҳои ансамбли тағйироти маҷрои дарёҳо, ки дар натиҷаи гармишавии глобалӣ ва протсессҳои иҷтимоӣ иқтисодӣ ба амал омадаанд, тартиб дода шудаанд; дар асоси модели аслии тавозуни об тағйироти имконпазири параметрҳои ҷараёни дарёҳо дар қисми аврупоии Россия дар асри XXI таҳқиқ карда шуданд; ҳисобкунии истеъмоли умумӣ ва бебозгашти об ва ҳаҷми оби партов дар ҷаҳон дар сатҳи соли 2021 гузаронида шуд, ки дар бораи харитаи муносири идоракунии оби ҷаҳон ва тамоюлҳои истифодаи захираҳои об тасаввурот медиҳад; арзёбии таъсири урбанизатсия ба маҷрои солони дарёҳо ва сифати об дар ҷаҳон оварда шудааст.

Калидвожаҳо: маҷрои об, обгирӣ, сифати об, тағйирот, пешгӯӣ.

N. I. KORONKEVICH, E. A. BARABANOVA, A. G. GEORGIADI,
S. V. DOLGOV, E. A. KASHUTINA, M. V. SIDOROVA, S. V. YASINSKY

**HYDROLOGICAL AND HYDROECOLOGICAL STUDIES OF THE
INSTITUTE OF GEOGRAPHY RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
(MOSCOW)**

Institute of Geography Russian Academy of Sciences, Moscow

Annotation. *The PhD M.I. Lvovich appointment of the head of Hydrology Department in the 1960 gave an impetus for development the geography-hydrological direction in the Institute of Geography of the USSR Academy of Sciences. The ideas laid down in the 1960-1980s formed the basis for investigations, realized not only by employees of the Institute of Geography, but also by other scientific organizations, and were reflected in monographs, collected papers and different publications. The paper presents some results of studies carried out recently at the Institute of Geography: landscape-hydrological changes in the Don basin are estimated, it is revealed that there was a reduction (on average by 20%) of the annual river flow of the Lower Don mainly due to a spring flood flow decrease due to climate changes; the contribution of diffuse (scattered by territories) runoff of biogenic substances into the pollution of a number of rivers of the European part of Russia is assessed (in some cases it amounts to 75-95% of their total discharge with wastewater); ensemble scenarios of river flow changes caused by global warming and socio-economic processes have been developed; possible changes in river flow parameters in the European part of Russia in the XXI century have been investigated on the basis of the original water balance model; the calculation of the total and irrevocable water consumption and the volume of wastewater in the world at the level of 2021 has been carried out, it gives an idea of the modern water management map of the world and trends in the use of water resources; an assessment of the impact of urbanization on the annual river flow and water quality in the world is given.*

Key words: runoff, water intake, water quality, change, forecast.

Сведения об авторах

Институт географии РАН

Коронкевич Николай Иванович – главный научный сотрудник, доктор

географических наук, профессор.

Барабанова Елена Алексеевна – старший научный сотрудник, кандидат географических наук.

Георгиади Александр Георгиевич – ведущий научный сотрудник, кандидат географических наук.

Долгов Сергей Владимирович – старший научный сотрудник, кандидат географических наук.

Кашутина Екатерина Александровна – и.о. зав. лабораторией гидрологии, старший научный сотрудник, кандидат географических наук. ***E-mail: kashutina@igras.ru***

Сидорова Мария Владимировна – старший научный сотрудник, кандидат географических наук.

Ясинский Сергей Владимирович – ведущий научный сотрудник, доктор географических наук.

UDC 551. 4.557

V. A. RAFIKOV, N. A. RAFIKOVA, N. M. KARAKULOV

THE RATIONAL USE OF WATER RESOURCES IN CENTRAL ASIA

The institute of seismology of the Academy of Sciences of Uzbekistan, Tashkent, the Republic of Uzbekistan,
E-mail: uz-hydrolog@mail.ru

***Abstract.** This article examines the problems of water resources and their use in the countries of Central Asia. Also, the issues of efficient use of water in the large Syrdarya and Amudarya basins in the region are described.*

Key words: natural resources, rational use, water consumption, groundwater.

Introduction. A new geopolitical context in Central Asia has changed the status of water bodies and their water resources. They have now turned into trans-boundary water bodies, so their economic use should be regulated in line with the ratios contained in the international law. However, the ratios emanating from the international laws are, apparently, intended to be also based on the specific features pertaining to the formation and distribution of water resources, and, equally importantly, on centuries-old customs and subcontinent-specific legal traditions of water use and water consumption.

The current sub-continental trend of water formation and water use remains ambiguous for a number of reasons. Elimination of uncertainties will, primarily, call for clarification of the water formation regime in the context of global warming and streamlining water use. With this in mind, there is also a need to address the issue of transboundary water quota allocation. This will, in some way or the other, this will facilitate the resolution of stratified collisions emanating from water use and water consumption. Proceeding from these arguments, we shall briefly outline a working version of key provisions pertaining to the issues mentioned above.

Goal and tasks. Refinement of the regime of water formation in the context of global warming and streamlining the use of water resources in Central Asia. To achieve this goal, the work will consistently address the following interrelated **tasks**: 1) Available water resources of Central Asia and quota precedents. 2) Assimilation potential of water bodies and water quality. 3) Forms of transboundary impacts. 4) Optimization of water use and water consumption, development of the hydrographic network of the interfluve.

Materials and research methods. The basis of human life is natural resources, a special place among which is occupied by surface and groundwater. The growth of population and production volume causes an increase in water consumption, which necessitates its rational use and distribution, prevention of depletion of water resources and protection from pollution.

Until recently, water reserves were considered inexhaustible and accessible, but rather quickly moved into the category of resources, the lack of which will most seriously impede the sustainable economic development of the countries of the world.

Water is the basis of human life and an indispensable component of agricultural and industrial production, the ecological balance of the natural environment, its most valuable resource. Over the past three centuries, its consumption in the world has increased by more than 36 times. If it continues to grow at such a rate, then we can confidently speak of a global water shortage in the near future [Water is a vital resource for the future of Uzbekistan, 2007].

The scientists [Sherfedinov L.Z., 2011] calculated that a tense situation is considered when the available water resources are less than 1.7 thousand m³ per person, and their deficit is noted at an indicator of less than 1.0 thousand m³/year. Today, some countries in the Middle East and North Africa have as little as 500 m³/year per capita and are categorized as "absolutely water scarce".

The average long-term runoff of the rivers of the Syrdarya and Amudarya basins, according to hydrometric observations, is 37.2 and 79.2 km³/year, and the total average long-term surface (river) water resources in the Aral Sea basin is 116.5

km³/year. Their annual volume varies depending on the water content of years (95 and 5% availability): in the Syrdarya - from 23.6 to 51.1 km³, in the Amudarya - from 58.6 to 109.9. The total water withdrawal in the Aral Sea basin in 1960 was 60.6 km³, and in 1990 it was 116.3 (1.8 times more). During this period, the population of this territory increased by 2.7 times, and the area of irrigated land - by 1.7 [Updating the scheme for the integrated use and protection of water resources in the Amudarya river basin, 1984].

It should be noted that in order to analyze the use of water resources for each river basin, it is necessary to take into account not only the withdrawal of water for the needs of the economy, but also the loss of runoff, as well as its consumption by the natural complex.

Unproductive losses of runoff along the length of the Amudarya are 3.5-6.5 km³/year, Syrdarya - 2.0-4.5. The total indicator of the use of natural water resources in the Syrdarya basin is 130-150%, in the Amudarya - 100-110% [Shults V.L., 1958].

The availability and good condition of fresh water resources in arid areas are the fundamental basis for the existence and development of human society. They determine the very existence of all living organisms, they play a crucial role in the development of agriculture, industry, and the domestic sphere. On the example of the Aral Sea basin, one can clearly see what consequences the lack of fresh water entails. Its deficiency significantly worsens the ecological state of the region, in particular, leads to the development of desertification processes. Therefore, the harsh conditions of arid territories have always required their inhabitants to take care of water. In this regard, in the traditions and customs of the peoples living in the arid zone, the veneration of water and the regulation of norms of behavior in relation to it are firmly entrenched.

The Aral Sea basin (1778 thousand km²) includes the Amudarya, Syrdarya, Zeravshan, Murgab, Tejen rivers and many small rivers, and this region is one of the oldest centers of irrigated agriculture.

This is evidenced by the fragments of ancient hydraulic structures discovered by archaeologists, the creators of which possessed vast knowledge and high professionalism. The formation of the Aral basin is determined by the flow of these rivers, but today, unfortunately, scientists state that at the beginning of this century (2001), the flow along the Amu Darya decreased by 0.51 km^3 , along the Syrdarya - 0.9 km^3 . Along with this, its usual fluctuations took place, with some decrease over the past 12 years. Thus, in the Amudarya basin, starting from 1989, for 11 years, the runoff volume exceeded its average long-term values.

For the countries of the Aral basin, groundwater is of exceptional importance. The development of industry and agriculture over the past two decades has had a negative impact on their condition, which has led to a significant reduction in reserves and even the depletion of some deposits due to unauthorized construction of water intake facilities and uncontrolled water withdrawal. The current system for monitoring the state of groundwater in the countries of the Aral Sea basin does not allow for a timely and full assessment of the role of negative factors in the pollution of aquifers, depletion of groundwater reserves and flooding of settlements.

At the same time, the appearance of overestimated data on the assessment of regional reserves is explained by the fact that the establishment of the boundaries of underground reservoirs and the correlation of their sources of supply with territorial boundaries is complicated by the current state of accounting for the location of these sources and the volume of groundwater. When approving reserves suitable for use, most countries focus mainly on domestic water supply and do not take into account cases of groundwater pumping by vertical drainage systems (Table 1).

On the territory of Uzbekistan there are 97 underground (fresh and brackish) water deposits, including 19 located in protected areas. Moreover, their resource potential is characterized by uneven distribution across the territory of the republic, and the total volume of reserves is 27.586 km^3 . The total approved operational reserves are 6.336 km^3 , and the annual withdrawal is 5.577 km^3 [Sherfedinov L.Z., 2011].

Table 1

The groundwater reserves and their use by the countries of Central Asia as of 2018 compared to 2000, million m³

Country	Valuation of real reserves		The approved stocks for use		Actual selection		Used for drinking needs	
	2000	2018	2000	2018	2000	2018	2000	2018
Kazakhstan	1846	8410	1270	1052	963	859	200	367,6
Kyrgyzstan	1595	13800	632	625	548	587	304	340
Tajikistan	18700	No	6020	2965	2294	793	485	461
Turkmenistan	3360	—«—	1220	No	457	470	210	No
Uzbekistan	18455	—«—	7796	6336	7749	5577	3369	1825
Overall	43956	62725	16938	14216	12011	8286	4568	3203,6

The data available to date indicate that, in general, in the Aral Sea basin, the operational reserves of about 400 groundwater deposits by 2018 have decreased compared to 1998. In Uzbekistan, the annual withdrawal (relative to the approved reserves) has decreased by 20-30%. Its consumers, tied to underground sources at the expense of surface waters, cover the water deficit. This increases the risk in their use by certain consumers due to the fact that deterioration in quality. In other countries, there is a conservation or even an increase in reserves, but water withdrawal from underground reservoirs has decreased everywhere.

The return waters are an additional resource, but they have a relatively high mineralization. Today, about 88% of them are collector-drainage, and 12% are wastewater from farmland and industrial enterprises. The volume of return water is increasing due to the development of irrigated agriculture.

According to the Scientific Information Center of the Interstate Coordination Water Commission of the International Fund for Saving the Aral Sea, in the basins of the Amudarya and Syrdarya rivers in 2000-2017. 35.77 km³ of collector-drainage and waste waters were formed [Chub V.E., Ivanov Yu.N., 1998] (Table 2).

Table 2

Distribution of return waters in the Aral Sea basin for 2000-2017, million m³

Country	Formation			Allocation			
	overall	Including		overalldis-charge	including		
		industrial and municipal drain	collector-drainage water from irrigation		rivers	lakes and natural depressions	reuse for irrigation
Kazakhstan	1478	138	1340	1478	847	104	527
Kyrgyzstan	414	56	358	414	229	47	138
Tajikistan	2699	188	2510	2699	2581	0	118

Syrdarya	426	18	409	426	310	0	117
Amudarya	2272	170	2102	2272	2271	0	2
Turkmenistan	6141	234	5906	6141	955	4926	260
Uzbekistan	25045	5936	19974	25045	13061	9355	2628
Syrdarya	12945	3919	9548	12945	8868	2090	1987
Amudarya	12100	2017	10425	12100	4193	7265	642
<i>Overall</i>	35776	6553	30088	35776	17672	14432	3672
Syrdarya	15263	4131	11654	15263	10253	2241	2769
Amudarya	20513	2422	18433	20513	7419	12191	903

Of these, in the Syrdarya basin - 15.26 km³, Amudarya - 20.51. During this period, an average of 17.67 km³/year was discharged into rivers, and 14.43 into lakes and natural depressions. The volume of return flow in Kyrgyzstan and Tajikistan is underestimated by approximately 1.5 and 0.5 km³, respectively. 23.05 km³ of return waters are formed on the territory of Uzbekistan. Moreover, their largest volume was registered in the years of maximum water intake. So, in 2003-2005 with a water intake of 113-121 km³, 36-37 km³ of return flow was formed. The minimum indicator was noted in the dry year of 2001 - 32.1 km³.

The data of the International Panel on Climate Change (IPCC) indicate that the average temperature of the earth's surface in the Central Asian region has increased by 1°C over 100 years [Chub V.E., 2000]. The data from national experts indicate that in most of the region, the increase in temperature in winter was more pronounced than in summer, which determined its overall increase. However, according to international experts (2013), observational data on climate change in Central Asia are insufficient and their thorough analysis and assessment of the consequences of this process is necessary. In this regard, additional research is required to obtain more accurate data on climate change, especially in the mountainous regions of the region.

The results of studies of the hydrometeorological centers of the states of Central Asia indicated a tendency for an increase in air temperature in 1971-2015. During this period, the average annual temperature in the territory of each country in the region increased every 10 years: in Uzbekistan (1950-2005) - by 0.29°C; Kazakhstan (1936-2005) - 0.26; Turkmenistan (1961-1995) - 0.18; Tajikistan (1940-2005) - 0.10; in Kyrgyzstan (1983-2005) - by 0.08°C.

The highest rates of increase in the average annual air temperature were noted in the flat part. In mountainous areas, they are less, in some cases even some cooling was observed [Sherfedinov L.Z., 2011].

Another interesting fact is the change in the amount and intensity of precipitation in the region. Thus, in most regions of Kazakhstan, their number has increased, while in other countries of the region, significant fluctuations in the annual amount of precipitation have been recorded (decrease in winter and increase in spring). At the same time, on average, a slight upward trend was observed across the territory of Central Asia.

In all seasons of the year, an increase in the number of significant positive temperature anomalies is observed in the region. The highest rates of increase in the number of days with "heat waves" were noted in the Aral Sea region. In this regard, the problems of ecology and environmental protection are attracting more and more attention of scientists. They provide alarming predictions about the environmental and socio-economic consequences of this process. However, to date, the origins and causal relationships of observed climate changes have not been elucidated and it is rather difficult to substantiate them scientifically, at least until there is firm confidence that these changes are not a manifestation of short-term climatic phenomena and processes.

Research results and discussion

Currently, there is a procedure for using the water resources of the Amu Darya and Syr Darya, adopted before the emergence of new independent states in the Central Asian region. In connection with the change in the political and water management situation in the Aral Sea basin, a revision of the procedure for the use of water resources is required.

In order to stabilize the water supply of the Aral Sea basin, it is necessary to develop joint actions of the countries of Central Asia to address the following issues:

- transition to the basin method of water resources management, equal participation of economic sectors and local authorities in this management;
- orientation of all countries towards strict water saving standards, which should

correspond to modern technical achievements and economically possible level of water use;

- rehabilitation and modernization of water bodies;
- remote control of water distribution and accounting of water resources.

According to the research results of scientists today there is evidence that the climate of the earth's planet is experiencing a process of aridization, that is, desiccation and warming, which will certainly exacerbate the problem of water shortages. All this requires deep research and appropriate decision-making.

Conclusion

The above data and opinions allowed to propose a water apportioning scheme with respect to transboundary waters considering the expected “normal” flow in the future. However, flow formation usually takes place cyclically and this property will manifest itself clearly in the future. It is possible that the energy factor in the context of global warming will be more powerful, which will, apparently, be reflected in flow formation and causing greater scope of its fluctuations.

Supposedly, the Amudarya river flow will, eventually, amount to 42.2 and 68.2 km³ in the coming years at 90% and 10% availability of the river flow, while the Syrdarya river flow – 19.3 and 33.2 km³, respectively. In general, the amplitude of fluctuations in flow formation will, probably, range from 61.5-101.4 km³/year.

Preliminary estimations of the flow lead to the conclusion that there is a likelihood of severe water shortages when water volume will halve as compared to the “norm” calculated using data from more than hundred-year cycle of observations may occur. This water deficit will affect all sectors of the basin water management systems including both water users (hydropower, recreation, etc.), and water consumers (irrigated agriculture, thermal power systems, etc.). Particular emphasis should be placed on drinking water supply, although even now its condition is a concern in a number of territories.

References

1. Water is a vital resource for future Uzbekistan. Tashkent: PROON, 2007, p.128.

2. Refinement of the scheme for the integrated use and protection of water resources in the Amudarya river basin: Summary note. Tashkent: Sredazgiprovodkhlpok, 1984, p.372.

3. Chub V. E., Ivanov Yu. N. The current state of the hydrometeorological network of Central Asia// Collection of scientific papers of the International technical meeting on the problems of the Aral Sea basin. - Tashkent, SANIGMI, 1998, No. 16, p. 26-30.

4. Chub V.E. Climate change and its impact on the natural resource potential of the Republic of Uzbekistan. Tashkent: SANIGMI, 2000. p.252.

5. Sherfedinov L.Z. Transboundary waters of Central Asia. Questions of geography and geoecology. Almaty. 2011, No. 2, p. 47-55.

6. Sherfedinov L.Z. Prospects for water supply in Uzbekistan. Questions of geography and geoecology. Almaty. 2011, No. 3, p. 5-10.

7. Schultz V.L. Hydrography of Central Asia. Tashkent: SAGU, 1958, p.117.
УДК 551.4.557

В.А. РАФИКОВ, Н.А. РАФИКОВА, Н.М. КАРАКУЛОВ

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

*Институт сейсмологии Академии наук Узбекистана, г. Ташкент, Республика
Узбекистан. E-mail: uz-hydrolog@mail.ru*

Резюме: В данной статье рассматриваются проблемы водных ресурсов и их использования в странах Центральной Азии. Также освещены вопросы эффективного использования воды крупных бассейнов Сырдарьи и Амударьи в регионе.

Ключевые слова: природные ресурсы, рациональное использование, водопотребление, подземные воды.

В. А. РАФИКОВ, Н. А. РАФИКОВА, Н. М. КАРАКУЛОВ

ИСТИФОДАИ ОҚИЛОНАИ ЗАХИРАҲОИ ОБЇ ДАР ОСИЁИ МАРКАЗӢ

*Институти сейсмологияи Академияи илмҳои Ўзбекистон, Тошканд, Ҷумҳурии
Ўзбекистон. E-mail: uz-hydrolog@mail.ru*

Физишурда: Мақолаи мазкур ба мушкилоти захираҳои обӣ ва истифодаи онҳо дар кишварҳои Осийи Марказӣ бахшида шудааст. Масъалаҳои самаранок истифода бурдани об дар ҳавзаҳои калони Сирдарё ва Амударёи вилоят низ қайд карда шудаанд.

Калидвожаҳо: захираҳои табиӣ, истифодаи оқилона, истеъмоли об, обҳои зерзаминӣ.

УДК 556.555+551.583.2

С. И. ШАПОРЕНКО, А. М. АБДУРАШИДОВ

ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕССТОЧНЫХ
ОСОЛОНЯЮЩИХСЯ И ПЕРЕСЫХАЮЩИХ ОЗЕР В РЕГИОНАХ
ЗАСУШЛИВОГО КЛИМАТА

Институт географии Российской академии наук

Аннотация. Бессточные водоемы осолоняются до определенного предела, контролируемого минерализацией вод притока, морфометрией чаши и амплитудой колебания уровня воды. При длительном превышении испарения над притоком они могут резко осолоняться и пересыхать. Такие водоемы широко распространены в засушливых регионах (Аральское море, Балхаш, Денгизкуль, Тенгиз, Сарыкамыш, Мертвое море и Большое Соленое озеро и др.). Экосистемы некоторых получили развитие за счет сброса в их чаши коллекторно-дренажных вод с оросительных полей. На примере озер Большое и Малое Турали, расположенных в Прикаспийской низменности Дагестана, обсуждаются проблемы, с которыми сталкиваются при проведении научных исследований и хозяйственного использования таких водоемов. Большинство их связано с ошибочными решениями при планировании хозяйственных мероприятий и недостатками законодательства, не учитывающих природные особенности озер.

Ключевые слова: осолоняющиеся озера, накопители коллекторно-дренажных вод, соляной промысел, рыбоводство, рекреация

Осолоняющиеся и пересыхающие озера – это естественные водоемы, которые находятся в замкнутых бессточных впадинах и не получают постоянного водного питания в объемах, обеспечивающих относительное постоянство в них водных ресурсов. Они широко распространены в регионах с засушливым и аридным климатом на юге России, в Казахстане и в республиках Центральной Азии. Например, крупнейшие из них – современное Аральское море, оз. Денгизкуль, оз. Чаны, Торейские озера, в недавнем прошлом - озера Сарыкамыш, Айдар и Тузкан, сходные с ними оз. Балхаш и Каспийское море. Часть из них получили «возрождение» в качестве приемников возвратных коллекторно-дренажных вод в связи с экстенсивным

развитием орошаемого земледелия в середине прошлого века. По условиям водного питания они стали частично искусственными водоемами. Некоторые продолжают пересыхать и засоляться, превращаясь из богатых рыбопромысловых баз в специфические гиперсоленые акватории с бедными для хозяйственного использования экосистемами. Цель настоящего исследования – на основе ретроспективного анализа более чем полувекового опыта хозяйственного использования коллекторно-дренажных озер Центральной Азии и Туралинских озер Дагестана показать характерные трудности и ошибки при их эксплуатации, связанные с недоучетом их природных особенностей, сформулировать возможные подходы к сохранению их хрупких экосистем.

Экстенсивное развитие орошаемого земледелия в Средней Азии в середине XX в. за более чем тысячелетнюю историю впервые крупными территориями вышло за пределы водосборного бассейна Аральского моря [1]. Возвратные воды с полей по коллекторам стали отводить в бессточные области, где они накапливались во впадинах, которые в древности могли служить чашами временных озер. Крупнейшие из них – озера в Арнасайской и Сарыкамьшской впадинах, оз. Денгизкуль и др. [2, 3, 4]. В Калмыкии такие водоемы стали составлять основную водную массу большинства естественных озер и водохранилищ [5].

Повсеместно во вновь образованных озерах экологические условия на определенные отрезки времени оказались удовлетворительными для существования большинства пресноводных и солоноватоводных видов фауны, быстро их заселивших. Они стали весьма привлекательны для водоплавающих видов птиц. Несмотря на повышенную соленость коллекторно-дренажные воды оказались ограниченно пригодны для питья многих домашних и диких животных, хотя и с ущербом для их здоровья. В таком качестве они служили многие годы основным водным ресурсом для скотоводства в отдельных районах Калмыкии [6].

На вторую половину XX в. приходится пик интереса к коллекторно-дренажным водоемам со стороны рыбопромысловой науки в первую очередь и различных географических научных ветвей во вторую. В качестве примеров хотелось бы привести крупнейшие в Центральной Азии озера Сарыкамыш и Арнасайской озерной системы, исследованием которых занимался один из авторов доклада в конце 1970-х – 1980-х годах (рис. 1). В те годы, как известно, Аральское море катастрофически быстро теряло свое рыбохозяйственное значение как сырьевая база в связи с осолонением и высыханием. Рыбокомбинат в Муйнаке перешел на привозное мороженое сырье из Прибалтики. Для частичного возмещения потери Аральского моря и озер в пойме Аму-Дарьи, каракалпакский малый рыболовный флот был переброшен с Арала на озеро Сарыкамыш, где началась жесткая конкуренция с туркменскими рыбаками. Следует отметить, что в Ташаузе в начале 1980-х годов рыбокомбинат выпускал вкусную вяленую и копченую рыбу из выловленных в Сарыкамыше чехони, красноперки, сазана, судака, щуки, сома. По городу были распространены небольшие кафе-рыбожарки, популярные среди местного населения. В небольших количествах в озере вылавливали аральских эндемиков усача и в единичных экземплярах аральского осетра, проникших сюда из Аму-Дарьи по оросительной сети.

Общая первоначальная проблема труднодоступности водоемов довольно быстро решалась при развитии промысла и получении прибыли. Узбекистан стал осваивать Арнасайскую систему озер, построив даже недалеко от оз. Тузкан специальный поселок для рыбаков Навруз. Это было на руку и сотрудникам научных организаций, которые получали от рыбаков бытовую и воднотранспортную помощь. Прогнозы по объемам добычи рыбы стали служить базовыми ориентирами в республиканских и союзных организациях Госплана и министерств. Возродившиеся крупные водоемы оказались весьма привлекательны для водоплавающей птицы, заселявшей малолюдные берега и необитаемые острова.

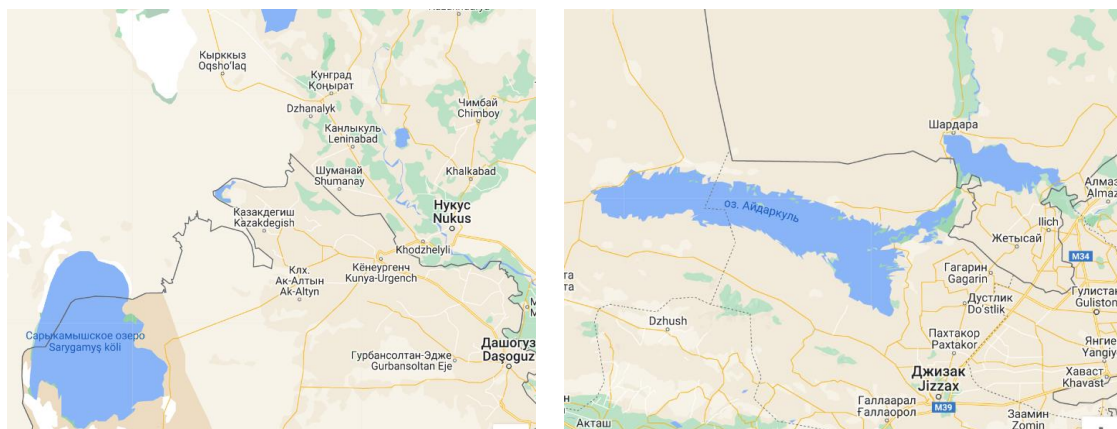


Рис. 1. Озеро Сарыкамыш и озера Арнасайской системы (Айдаркуль) на карте с сайта www.infokart.ru.

Но существовала одна главная проблема – водное питание озера получали в основном от стока коллекторных вод с полей орошения. Они имели минерализацию в среднем 4-4,5 г/л. Даже речка Клы – естественный приток оз. Тузкан почти полностью питалась дренажными водами. Из-за этого в бессточных озерах после прекращения их наполнения, вода начинала осолоняться до определенного уровня равновесия. Он зависел от средней многолетней величины солености вод притока, морфометрии водоемов и колебания уровня воды. В Аральском море, питавшемся пресной водой, равновесная соленость была около 5 г/л, в коллекторно-дренажных водоемах она могла быть в несколько десятков г/л, то есть далеко за пределами границы нормального воспроизводства солоноватоводной фауны. Первоначальную проблему доступности водных объектов сменяла проблема сокращения производственных ресурсов.

На Арнасайской озерной системе был найден выход (как оказалось временный на период 1980-1994 гг.) из этой проблемы путем создания проточности в оз. Тузкан и распреснения Арнасайских озер водами из Чардаринского водохранилища. Айдар становился концевым водоемом испарителем, хотя рассматривался вариант расчленения его вытянутой чаши дамбой по прообразу Балхаша для стабилизации солености в одной половине. Аналогичный выход для оз. Сарыкамыш отсутствовал при существовавшем водном балансе и недостаточности ресурсов коллекторных вод Дарьялыка для его полного наполнения (до уровня перелива в русло Узбоя). Для таких

бессточных озер главной проблемой оставалась возможность сохранения стабильности соотношения количества и качества водных ресурсов, возможность управления ими в интересах рыбного хозяйства или по крайней мере сохранения их в качестве полноценных водных объектов с их пернатыми обитателями [7]. Сбросы зимних паводковых вод в больших объемах в Арнасайское понижение из Чардаринского водохранилища в 1994 г. привели к резкому нарушению сложившегося водного баланса озерной системы, подъему уровня воды и к образованию единого крупного водоема с объемом воды в 41 км³. В дальнейшем при постепенном снижении объемов поступления пресных вод начался очередной цикл его осолонения [8].

С историей чередования аналогичных проблем мы столкнулись, когда начали исследовать экологическое состояние Туралинских озер. Основанием для проведения работ послужил заключенный договор между Институтом географии и ООО «Большая Турали», арендатором озера для рыбоводства. Озеро Малое Турали также находилось в аренде у другого рыболовецкого кооператива «Природа». Работы проводились по согласованию с Дагестанским управлением гидрометслужбы.

Большое и Малое Турали расположены около южной окраины г. Каспийска в Дагестане. Известны они еще по картам конца XIX века как соленые озера (рис. 2). Площади водного зеркала озер по разным литературным и справочным источникам достигали соответственно 4,8-6,7 и 1,5-1,7 км². Озера наиболее крупные по размерам на территории Приморской низменности Дагестана. В отдельные летние сезоны и даже на многолетние периоды они могли полностью пересыхать. Чаши озер плоские, максимальные глубины при наибольшем заполнении не превышали 1,2-1,5 м. В естественном состоянии поверхностная и подземная водная связь между ними отсутствует из-за выступа между ними в виде невысокой гряды плотных отложений песка, ракуши и суглинков с известняками в основании.



Рис. 2. Озера Большое и Малое Турали. Использован фрагмент карты: “Fragment of the US Government map EASTERN EUROPE 1:250 000

МАKHACHKALA, RUSSIA; GEORGIA, NK 38-6 series N 501, published in 1999 (additional edition 2002)”.

По своему происхождению озера являются реликтовыми лагунами Каспийского моря, которые отчленились от морской акватории соответственно в конце позднехвалынской и в последнюю фазу новокаспийской трансгрессий. В Большое Турали еще в начале 1930-х годов в период высокого уровня Каспийского моря из него могли попадать заплески волн при нагонных ветрах. С тех пор отсутствие воды - их естественное состояние, которое может быть нарушено исключительно искусственным обводнением.

Такой генезис водоемов нельзя назвать редким явлением. Похожие процессы происходили на других участках побережья Каспия (озеро Ак-Гель, некоторые водоемы Кумско-Сулакского междуречья и отчленившиеся заливы северного казахстанского побережья, озера в районе г. Актау и залива Кендирли, на территории Ирана около пункта Бендер-Энзели, почти отсоединился крупный Горганский залив в юго-восточной оконечности Каспия, много подобных водоемов в районе Апшеронского полуострова), на северо-западе Черного моря, по берегам Азовского моря. Крупный залив-лагуна Кара-Богаз-Гол пережил стадию полного высыхания в период 1980-1984 гг. за счет искусственного отчленения от моря и последующего

восстановления после того, как перемычка была ликвидирована в 1990 г. В стадии отчленения находится много лагун на побережье Белого моря из-за подъема балтийского щита. Генетически сходные водоемы многочисленны на других континентах.

Осолонение бессточных водоемов происходит до определенного предела, контролируемого величиной минерализации притока, морфометрическими параметрами водоема, амплитудой колебания уровня. Озера пересыхают, если естественный поверхностный или подземный приток не компенсируют испарение. Это неоднократно происходило с Аральским морем и озером Сарыкамыш в средние века, когда Амударья меняла направление стока между Аралом и Каспием, происходило в прошлом веке и сейчас при антропогенном перераспределении водного стока оросительными системами [4]. Пересыхать они могут на многие годы, их экосистемы в условно исходное состояние могут и не возвращаться. Более редки случаи регулярного перехода бессточных озер к категории проточных в периоды увеличения увлажненности, как это происходит с оз. Чаны или с оз. Барун-Торей бессточной системы Торейских озер в Даурском заповеднике [9, 10].

Туралинские озера относятся к пересыхающим водоемам, увлажненность которых имеет сезонный характер. Во влажном состоянии они находятся только в холодный сезон, или кратковременно, когда начинают выпадать интенсивные осадки (что случается крайне редко). Водное зеркало часто занимает небольшую часть чаши озера, может быть разбито на отдельные фрагменты, которые выглядят как лужи в плоских понижениях сухого дна (что наблюдали в январе 2020 г. при обследовании оз. Большое Турали, рис. 3). При высыхании их можно классифицировать как пухлый солончак из-за содержания в отложениях мирабилита, или соровый солончак из-за присутствия сероводорода. Местами при высыхании образуются участки такыров (рис. 4).



Рис. 3. Озеро Большое Турали в январе 2020 г. Вид с восточного берега в сторону аэропорта.

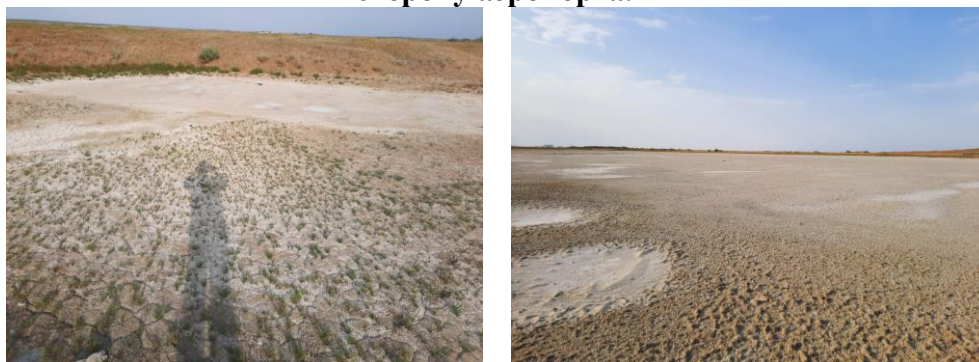


Рис. 4. Высохшие участки Туралинских озер в августе 2021 г.

Использование озер для соляного промысла. В процессе обособления от основной морской акватории доминирующим процессом выступает накопление солей в отчленяющейся чаше за счет испарения исходной морской воды в теплое время года. Начинают выпадать в осадок сначала карбонаты, что происходило в Аральском море в его условно-естественный период существования. Этот процесс поддерживал на относительно стабильном невысоком уровне минерализацию воды и солевой запас, а выпавшие в осадок соли удалялись за счет эолового выноса с осушенных заливов и лагун [Шапоренко, 1989]. При более высоких концентрациях солей начинают выпадать в осадок сульфаты в виде тенардита летом и мирабилита в холодное время года. Образование мирабилита в заливе Кара-Богаз-Гол – наиболее мощный процесс, который использовался для промышленной добычи глауберовой соли. Его же применяли и на Туралинских озерах в 1930-е годы, сейчас применяют на озерах Кучук и Селитренное в Благовещенском районе Алтайского края, в Большом Соленом озере в США. В первой половине XX в. до поступления коллекторно-дренажных вод добывали соль и с сухого дна оз. Тузкан [3].

Организации соляного промысла на Туралинских озерах предшествовали научные исследования, которые были первыми в истории и проведены в 1925-1929 гг. по инициативе АН СССР. Опытный промысел был признан успешным, с 1931 г. он стал подразделением треста Карабугаз-сульфат (рис. 5). В 1930 г. в Махачкале начал работу Махачкалинский завод сернистого натра. В 1933 г. Туралинский промысел был переведен в его состав. Первой проблемой начавшегося производства и здесь оказалась транспортная. Не было возможностей вывоза готовой продукции, происходило ее затаривание. Проблема была решена только с постройкой узкоколейной железной дороги.

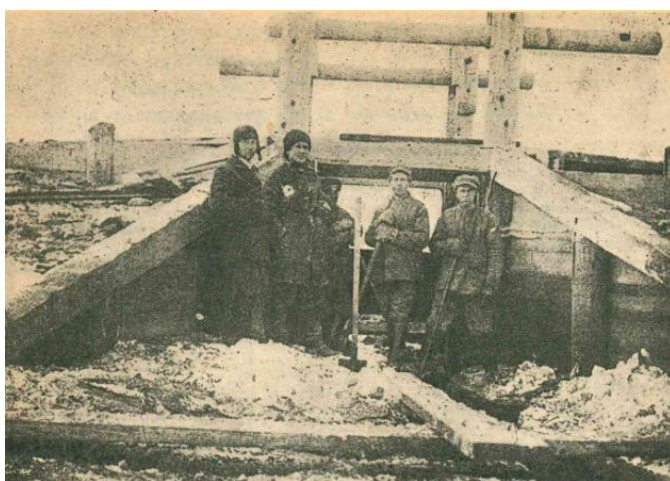


Рис. 5. Шлюз мирабилитового бассейна для спуска рассола в оз. Малое Турали [11].

Эффективность соляного промысла постепенно снижалась из-за трудности восполнения солевого запаса оз. Большое Турали при падении уровня Каспийского моря. Добыча мирабилита почти прекратилась к концу 1940-х годов, а в 1954 г. промысел официально перестал существовать. Опытные работы и потом промышленное использование озер при получении мирабилита и тенардита, поваренной соли и попутно брома обогатило отечественную галургию новыми технологиями, которые были внедрены на Кара-Бугазе, а затем с 1960 г. на озерах Кучук в паре с оз. Селитренное и Кулунды в Благовещенском районе Алтайского края. Перечисленные три водоема можно представить аналогами озер Большое, Малое Турали и Каспийское море. Разработку осуществляет предприятие ОАО «Кучуксульфат», снабжающих сейчас сырьем всю Россию и некоторые зарубежные предприятия. Использование осолоняющихся бессточных озер в

качестве природных испарителей для добычи сульфатов оказалось наиболее перспективным направлением их хозяйственного освоения [12].

Второе направление хозяйственного использования связано с рыбоводством. 31 декабря 1959 г. озера общей площадью 504 га были закреплены за управлением рыбной промышленностью Дагсовнархоза и поставлены на баланс объединения «Дагрыба». Это было частью общей задачи рыбохозяйственного освоения внутренних водоемов республики согласно специальным постановлениям Совета Министров РСФСР и Дагестанской АССР. При наличии достаточно полного перечня предписаний в постановлениях, задачи водообеспечения не были затронуты. То есть, как бы игнорировалась самая важная проблема засушливого региона. В 1973 г. был создан Каспийский рыбхоз, за которым закреплены и Туралинские озера в качестве нагульных водоемов. И хотя через три года другим постановлением Совмина РД озера были переданы Дагестанскому областному Совету по управлению курортами профсоюзов для добычи на них лечебных грязей, периодические попытки рыбоводства на этом не закончились и продолжались вплоть до последнего десятилетия.

Определенный оптимизм прибавила постройка в 1984 и 1987 гг. магистральных коллекторов, отводивших дренажные воды с орошаемых полей, трасса которых прошла рядом с озерами (рис. 6).



Рис. 6. Коллектор К-6 около юго-западной оконечности оз. Большое Турали до (левый снимок) и после (правый снимок) расчистки в сентябре – октябре 2022 г.

Благодаря водной подпитке коллекторно-дренажными водами, удалось наладить производство товарной рыбы, осуществлявшегося Каспийским рыбхозом до 1991 г. С переходом на новые экономические отношения на оз. Малое Турали попытки рыбоводства были связаны с функционированием кооператива «Природа», периодически получавшего рыбную продукцию. На оз. Большое Турали попытки рыбоводства заканчивались неудачами уже на стадии обеспечения водой. И здесь для рыбного хозяйства, как и в Центральной Азии, основным источником воды становятся коллекторно-дренажные воды. Важно указать на проблему, оставшуюся «в тени», в условиях значительной секретности к экологической информации в советское время. Коллекторно-дренажная вода с хлопковых полей была загрязнена пестицидами и гербицидами, которые попадали и накапливались в организмах рыб. На оз. Сарыкамыш у отдельных экземпляров стали появляться генетические отклонения: например, у некоторых крупных экземпляров сазана стал атрофироваться первый острый шип спинного плавника, оказывался недоразвитым гипофиз, попадались экземпляры судака с искривленным позвоночником. Может ли быть проблема с качеством коллекторно-дренажной воды, питающей Туралинские озера, пока не ясно (возможно ее нет).

После окончания работы над проектом, с конца 2020 г. в оз. Большое Турали стала поступать почти пресная вода из коллектора К-6 в больших объемах, минуя оз. Малое Турали. Причем потоки воды шли не только через предназначенный для водоснабжения шлюз, но и переливались через берега коллектора, поступали несколькими потоками, размывая склоны озерной чаши. За многие годы оз. Большое Турали наполнилось полностью водой (рис. 7). За счет чего появилась пресная вода в коллекторе объяснений у сотрудников потенциально причастных к этому ведомств получить не удалось. Основной поток начинался из водохранилища Уйташ, а в него вода подается из канала КОР при образовании излишков.



Рис. 7. Наполнение озера Большое Турали в мае 2021 г.

Третье направление возможного хозяйственного использования Туралинских озер просуществовало только в качестве идеи разработки их донных отложений, обладавших бальнеологическими свойствами. Месторождения целебных грязей сформировались на стадии отчленения лагун от Каспийского моря, когда здесь в донных осадках накапливалось высокое количество органического материала, в донных отложениях стали преобладать восстановительные условия с образованием сероводорода. Лечебные свойства отложений оз. Большое Турали местным жителям были известны еще в начале прошлого века, и они их использовали. После обследования озер в 1961 г. В.К. Чураковым наличие и пригодность для использования лечебных грязей были установлены официальной медициной. Их изучение продолжалось периодически в 1970 – 1980-е годы, были составлены и утверждены паспорта на месторождения, но периодические попытки использования озер в качестве рыбозаводных продолжались. Существовали планы строительства корпуса бальнеологического курорта по ведомству ВЦСПС с использованием лечебных туралинских грязей. Планам не удалось осуществиться, а в результате искусственного наполнения озер пресной водой произошла утрата лечебных свойств донных отложений. Хотя бальнеологическое использование осолоняющихся пересыхающих озер распространено в других местах страны. Наиболее известные из них Сакское

озеро в Крыму с искусственной подпиткой морской водой, Ханское озеро в районе Ейского грязелечебного курорта. Оба эти водоема, как и Туралинские озера, отсоединились от морской акватории. Известны соленые внутриконтинентальные озера Эльтон и Баскунчак, оз. Тамбукан рядом с Пятигорском и множество других. Один из авторов в начале 1980-х гг. был свидетелем использования для лечения грязевых отложений из оз. Тузкан в устье р. Клы специально для этого приезжавшими сюда людьми. *Спустя десятилетия в интернете можно встретить рекламу отдыха в комфортабельном отеле на оз. Тузкан – “морской” жемчужине Узбекистана с целебными грязями и водой.*

К четвертому возможному направлению следует отнести рекреационное использование водоемов. Это направление на практике во многом связано как попутное с водогазельечением. Для его осуществления большинству заинтересованных больных необходима базовая инфраструктура, предоставляющая гарантированные удобства для пребывания и проведения процедур. Для «диких» туристов такие водоемы, не имеющие пресных источников воды, изначально не могли представлять массового интереса в качестве мест для устройства продолжительных стоянок. Зачастую пологие и топкие берега могут быть неудобными для использования водоемов для купания, спуска на воду плавсредств и передвижения на них из-за мелководности. Ограничительным моментом для глубоких водоемов с песчаными берегами, как например, Сарыкамыш, Тузкан, Айдар становится упоминавшаяся выше труднодоступность, которая в Узбекистане последовательно решается.

Для развития рекреации Туралинские озера имеют несколько отличительных преимуществ. Природный потенциал включает весьма выгодное расположение между гор и морем с песчаными пляжами, благоприятный климат. Мелководность озер может быть использована в качестве преимущества для создания на их базе уникального аквапарка. В схеме территориального планирования 2008 г. вся площадь между

Каспийским морем, железной дорогой Махачкала – Баку и Манаскентом намечалась как рекреационная зона, а сами озера обозначены как памятники природы (рис. 8). В настоящее время примыкающая к оз. Большое Турали со стороны моря территория и часть межозерного пространства находится в пользовании общества охотников. На этой основе и могло бы реализовываться рекреационное развитие. К сожалению, окружающие земельные участки стали продавать под дачное и коттеджное строительство без каких-либо планов мелиорации и благоустройства территорий. Постепенно берега озер местами стали превращаться похожими на свалки бытовых и строительных отходов [14].

О текущей обстановке. В последнее время, когда в оз. Большое Турали стала поступать вода из коллектора, вариант разведения рыбы или других объектов аквакультуры кажется приоритетным. Хотя для его реализации имеется множество проблем помимо гарантий устойчивого водоснабжения, в первую очередь они касаются недостатков действующего водного законодательства, рассмотренных авторами ранее [12, 15]. Эти недостатки влияют на возможность сохранности подобных пересыхающих озер в качестве природных объектов, хозяйственного их использования. Здесь укажем на вытекающие конкретные последствия такого положения.



Рис. 8. Планы (Фрагмент карто - схемы градостроительного зонирования территории [13]. Красной штриховкой выделена зона рекреации) и реальность (правый снимок октябрь 2022 г.).

Официально озеро находится под контролем Министерства природных ресурсов и экологии Республики Дагестан. Земля под озером (по границе

береговой линии, которая не выделена на местности) – федеральная собственность. При этом береговая линия смещается на сотни метров – километры, временами ее вообще нет. Водоохранная зона, прибрежная защитная полоса и прибрежная полоса общего пользования, которые в свою очередь никак не обозначены, – в ведении муниципального образования «Карабудахкентский район». По сути единственным источником питания водоема может служить магистральный коллектор К – 6, которым распоряжается республиканское Министерство мелиорации и водного хозяйства. Для разведения рыбы или другой аквакультуры заключен договор с Северокавказским территориальным управлением Росрыболовства, являющейся подразделением федерального органа. С ним и должны взаимодействовать рыбные предприятия ООО “Большая Турали” и ООО Рыбное хозяйство “Природа” по большинству производственных вопросов, и в некоторых случаях с Комитетом по рыбному хозяйству РД. Однако водными ресурсами они не располагают, а с МО «Карабудахкентский район» и Минмелиоводхозом у них договорные отношения отсутствуют, и нет законных способов воздействия для принятия ими подобных обязательств.

Еще одна неопределенность – сбросной канал из озера в Каспийское море, а именно его бесхозность. В работе солевого промысла по нему с помощью насосов подавалась вода из Каспийского моря, а во время рыбоводства сбрасывалась в обратном направлении. Сейчас по нему отводит свои неочищенные коммунальные стоки расположенная рядом погранзастава. Как на законном основании можно ввести в эксплуатацию этот канал пока совершенно неясно.

На примере Туралинских озер высвечивается общая проблема для водоемов-накопителей коллекторно-дренажных вод, которая отсутствовала в советское время [4]. Существует вроде как природный водный объект, за которым должно “приглядывать” Министерство природных ресурсов и экологии в лице своих подразделений. Оно это делает в полной мере (по крайней мере теоретически) за всеми обычными водными объектами. Озера,

питающиеся коллекторными водами, становятся как бы искусственными, водными ресурсами их притоков могут по своему усмотрению распоряжаться представители других ведомств. Когда происходило освоение водосборной площади озера с распашкой земель, строительство аэродрома, дачных и коттеджных поселков, почти совсем лишивших озеро и до того скудного водного питания, на него не обращали внимание. Но тогда все водные ресурсы были общегосударственные, пользователи разных министерств и республик договаривались между собой и по использованию коллекторных вод. Смогли договориться и рыбаки из Каракалпакии и Туркменистана о совместной эксплуатации рыбных ресурсов Сарыкамыша. Прошло тридцать лет после сломки таких относительно удобных хозяйственных отношений, не пора ли их восстановить?

История с Арнасайской озерной системой показывает, что выстраивание подобных отношений на межгосударственном уровне еще сложнее [8]. Сохранить ее в существующих размерах скорее всего не получится. Выходом мог бы стать постепенный возврат к ситуации 1980-х годов. В таком случае оз. Тузкан становится основным нагульным и промысловым участком, а Восточно-Арнасайские озера – основным нерестовым и выростным. Для стабилизации солевого режима в оз. Айдар необходимо проводить гидротехнические работы по расчленению его чаши на отдельные плесы.

Включение Арнасайской озерной системы, а еще ранее оз. Денгизкуль в Список Рамсарской конвенции служит определенной природоохранной гарантией их исчезновения (что не удалось сделать с Туралинскими озерами). Но, по-видимому, недостаточной для их сохранности от негативного воздействия от добычи газа на побережье Денгизкуля, работы планируемой к постройке АЭС на Тузкане. Проблемы весьма сложные и требуют отдельного внимательного рассмотрения коллегами из Узбекистана.

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что уникальность Туралинских осолоняющихся и пересыхающих озер в том, что, пожалуй, только на них были предприняты все возможные направления вовлечения таких водоемов в

хозяйственный оборот. Краткий анализ истории попыток их освоения позволяет считать, что наиболее успешным было использование для добычи мирабилита по новаторской тогда технологии ускоренной садки соли. В первые пятилетки развития промышленности СССР антропогенное воздействие учитывало и использовало природные особенности Туралинских озер. Произошедшие временные трансформации водно-солевого баланса водоемов в дальнейшем почти не сказались на их геоэкологическом состоянии. После прекращения сульфатного промысла произошел возврат Туралинских озер к режиму полусухих лагун, при этом бальнеологические свойства донных отложений сохранились.

Рыболовство – основное использование богатых рыбными ресурсами коллекторно-дренажных озер на стадии наполнения и периода начальной стабилизации уровня. Без обоснованной гидротехнической реконструкции водного баланса такие бессточные водоемы осолоняются и постепенно теряют свою естественную продуктивность. Без стабилизации солености на каком-либо уровне акклиматизационные мероприятия могут только замедлить ее снижение.

Во многих случаях наиболее крупные из водоемов становятся привлекательными с точки зрения развития туризма как, например, Арнасайская система озер. В процессе осолонения в донных отложениях и часто в придонных водах создается анаэробная обстановка с образованием сероводорода, что способствует формированию в таких водоемах специфических бальнеологических ресурсов, что, с другой стороны, крайне негативно сказывается на их биологической продуктивности. Пока остается нереализованным туристический потенциал Туралинских озер и оз. Сарыкамыш.

Анализ истории Туралинских озер позволил получить ценный опыт, как надо относиться к определенной категории озер, существующих в трудной природной обстановке при дефиците водного питания, не пытаясь их использовать наперекор природе. Опыт может быть полезным при

использовании аналогичных многочисленных водных объектов в Центральной Азии.

Работа выполнена по ГЗ проект АААА-А19-119021990093-8 (FMGE-2019-0007)

Литература

1. Шапоренко С.И. Орошаемое земледелие в бассейне Аральского моря в различных исторических условиях // Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце 20 столетия. - М.: Наука, 2003. С. 153-166.

2. Горелкин Н.Е., Никитин А.М. Водный баланс Арнасайской озерной системы // Тр. САРНИГМИ, 1976. Вып. 39 (120). С. 76-93.

3. Кияткин А.К., Шапоренко С.И., Санин М.В. Водно-солевой режим Арнасайских озер // Гидротехническое строительство, 1990. № 3. С. 15-18.

4. Санин М.В., Костюковский В.И., Шапоренко С.И. и др. Озеро Сарыкамыш и водоемы-накопители коллекторно-дренажных вод. - М.: Наука, 1991. 149 с.

5. Сангаджиев М.М., Онкаев В.А. Вода Калмыкии – экология и современное состояние // Вестник Калмыцкого университета, 2012. № 3 (15). С. 18-25.

6. Новикова Н.М., Уланова С.С. Эколого-географическая оценка искусственных водоемов Калмыкии и экотонных систем «вода-суша» на их побережьях // Проблемы региональной экологии, 2008. № 2. С. 33-39.

7. Санин М.В., Шапоренко С.И. Об использовании коллекторно-дренажных вод в рыбохозяйственных целях // Водные ресурсы, 1991. № 4. С. 147-152.

8. Тайлаков А.А., Бердиева Д.Ш. Комплексное использование природных ресурсов и устойчивое развитие Айдара-Арнасайских озерных систем // Тенденции развития науки и образования, 2019. № 55-1. С. 10-17.

9. Пульсирующее озеро Чаны. - Л.: Наука, 1982. 304 с.

10. Кашницкая М.А., Болгов М.В. Гидрологический режим трансграничной реки Ульдза и бессточных Торейских озер в условиях антропогенного воздействия // Юг России: экология, развитие, 2022. Т. 17. № 4. С. 140-152.

11. Ильинский В.П., Клебанов Г.С. Теоретические схемы использования богатых сульфатами морских и озерных рассолов и их опытно-промышленное испытание. - Л.: Изд-во АН СССР, 1934. 75 с.

12. Шапоренко С.И., Абдурашидов А.М. Туралинские озера: проблемы и решения для пересыхающих лагун. - М.: Медиа-Пресс, 2021. 182 с.

13. Схема территориального планирования Карабудахкентского муниципального района Республики Дагестан. Т. 2. Материалы по обоснованию схемы территориального планирования Карабудахкентского муниципального района Республики Дагестан. - М.: ОАО «Гипрогор», 2008. 107 с.

14. Абдурашидов А.М. Антропогенная деградация Туралинских озер и пути их восстановления // Экологическая безопасность в условиях антропогенной трансформации природной среды. - Пермь: Изд. центр Пермского ГНИУ, 2021. С. 344-346.

15. Шапоренко С.И. Правовые проблемы охраны бессточных пересыхающих водоемов на примере Туралинских озер Дагестана // Государство и право, 2022. № 5. С. 68-76.

S. I. SHAPORENKO, A.M. ABDURASHIDOV

PROBLEMS OF STUDYING AND USING OF CLOSED SALTING AND DRYING LAKES IN DRY CLIMATE REGIONS

Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences

Abstract. *Closed reservoirs are salted to a certain limit, controlled by the mineralization of the inflow waters, the morphometry of the bowl and the amplitude of the water level fluctuations. With a prolonged excess of evaporation over the inflow, they can become sharply saline and dry out. Such reservoirs are widespread in arid regions (the Aral Sea, Balkhash, Tengiz, Sarykamysh, the Dead Sea and the Great Salt Lake, etc.). Ecosystems of some of them have been developed due to the discharge of collector-drainage waters from irrigation fields into their bowls. Using the example of the lakes Bolshoe and Maloe Turali, located in the Caspian lowland of Dagestan, the*

problems encountered during scientific research and economic use of such reservoirs are discussed. Most of them are associated with erroneous decisions when planning economic activities and shortcomings of legislation that do not take into account the natural features of lakes.

Key words: salting lakes, reservoirs of collector-drainage waters, salt-mines, fish farming, recreation

С. И. ШАПОРЕНКО, А. М. АБДУРАШИДОВ

МУШКИЛОТИ ОМЎХТАН ВА ИСТИФОДАИ КЎЛҲОИ ОБДОР ВА ХУШКШАВАНДА ДАР МИНТАҚАҲОИ ИҚЛИМИ ХУШК

Институти ҷуғрофияи Академияи илмҳои Русия

Фишурда. *Обанборҳои беоб ба маҳдудияти муайяне, ки аз ҷониби минерализатсияи обҳои ҷорӣ, морфометрияи коса ва амплитудайи тағйирёбии сатҳи оби дар назорат буда, шӯр карда мешаванд. Ҳангоми зиёд шудани бухоршавӣ аз шохобҳо, онҳо метавонанд якбора намақоб гардида хушк шаванд. Чунин обанборҳо дар минтақаҳои хушк (баҳри Арал, Балхаш, Тенгиз, Сарқамии, Баҳри Мурда ва Кӯли Бузурги Шӯр ва ғайраҳо) паҳн шудаанд. Экосистемаҳо баъзеи онҳо тавассути партофтани обҳои коллекторӣ ва дренажӣ аз майдонҳои обёрӣ ба косаҳои худ рушд кардаанд. Дар мисоли кӯлҳои сайёҳии калон ва хурд, ки дар пастиҳои Каспийи Доғистон ҷойгиранд, мушкилоте, ки ҳангоми гузаронидани таҳқиқоти илмӣ ва истифодаи иқтисодии чунин обанборҳо рӯ ба рӯ мешаванд, муҳокима карда мешаванд. Аксари онҳо бо қарорҳои нодуруст ҳангоми банақшагирии чорабиниҳои иқтисодӣ ва камбудиҳои қонунгузорӣ, ки хусусиятҳои табиӣи кӯлҳоро ба назар намегиранд, алоқаманданд.*

Калидвожаҳо: кӯлҳои намақдор, обҳои коллекторӣ ва дренажӣ, моҳидорӣи намақ, моҳипарварӣ, фароғат

Сведения об авторах.

С.И. Шапоренко, Институт географии Российской академии наук, г. Москва, старший научный сотрудник, кандидат географических наук. *E-mail:* ser-shaporenko@yandex.ru **ответственен за переписку.**

А.М. Абдурашидов, Ассоциация коллегии адвокатов “Закон” Адвокатской Палаты Республики Дагестан, г. Махачкала, адвокат.

УДК: 550.42:556.114

Д.А. АБДУШУКУРОВ*, З.Н. САЛИБАЕВА **

**РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ И РАССЕЯННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ
В СОСТАВЕ РЕЧНЫХ ВОД ТАДЖИКИСТАНА**

** Физико - технический институт им. С.У. Умарова НАНТ
г. Душанбе, Республика Таджикистан, E-mail: abdushukurov.dj@gmail.com*

*** Национальный центр диагностики продовольственной безопасности Комитета
продовольственной безопасности при Правительстве Республики Таджикистан,
г. Душанбе, Республика Таджикистан, E-mail: zaynab.salibaeva@mail.ru*

Представлена обработка и интерпретация данных о содержании микроэлементов, растворенных в водах основных рек Таджикистана. В рамках эксперимента «НАВРУЗ» были проведены отборы образцов в 31 точке основных рек Таджикистана. В изучаемых пробах воды были определены 23 элемента, включая такие микроэлементы как Се, Еи, La, Li, Sc, Sm, Tb и Yb, которые относятся к группе редкоземельных элементов. Концентрации этих элементов в составе вод распределены неравномерно. Сумма концентраций редкоземельных и рассеянных элементов в водах изменяется от 0,67 мкг/л (Пяндж 2) до 2,71 мкг/л (Елок), при среднем значении их суммы по всем рекам, равной 1,50 мкг/л и сумме кларков речной воды (растворённая форма) - 0,15 мкг/л.

Ключевые слова: качество воды, редкоземельные и рассеянные элементы.

Введение. Горные зоны Таджикистана относятся к началу формирования стока бассейна Аральского моря. Известно, что в зоне формирования стока качество поверхностной воды причисляют к 1 и 2 классам чистоты. Качественные и количественные показатели в зоне формирования водных ресурсов в последние десятилетия имеют достаточно устойчивый характер, о чем свидетельствуют исследования химического состава поверхностных вод многих авторов. Однако мало работ, в которых можно найти информацию об

особенностях содержания редкоземельных элементов (РЗЭ) в составе водных ресурсов Таджикистана. Научный интерес к распространенности РЗЭ в водных ресурсах связан с потенциальным использованием их в качестве индикаторов геохимических процессов на местности. В настоящее время характер распределения РЗЭ в природных водах становится объектом детальных исследований, что требует понимания особенностей миграции отдельных элементов. Концентрации РЗЭ в водах очень низкие – гораздо меньше миллиграмма на литр, и для анализа необходимы высокочувствительные методы анализа с предварительным концентрированием проб воды, например, метод нейтронно-активационного анализа.

При выполнении работ в рамках международного эксперимента «НАВРУЗ» таджикской стороной были исследованы основные параметры качества воды, практически на всех основных реках Таджикистана отобраны пробы воды для последующего проведения нейтронно-активационного анализа (НАА) состава веществ. Собранные пробы исследовались в трёх аналитических лабораториях: полный объем проб в Институте ядерной физики в Узбекистане, одна десятая часть проб – в Институте ядерной физики в Казахстане и такая же партия - в Сандийской национальной лаборатории (СНЛ). Результаты анализов собирались в СНЛ США. Полученная в результате эксперимента информация, стала основой для проведения научных обобщений. Авторы выражают глубокую благодарность за проведенный элементный анализ образцов и предоставленную базу данных для обработки результатов исследования.

Объекты и методы исследований. По условиям задач проекта «НАВРУЗ» были отобраны образцы в 31 точке основных рек Таджикистана в период половодья (май-июнь месяцы), без учета метеорологических особенностей. Сразу на местах отбора образцов компьютеризированным прибором «Hydrolab DS-5» производились измерения физико-химических параметров воды: температура воды; общая концентрация растворенных

веществ; концентрация солей; концентрация растворенного кислорода; удельная проводимость воды; окислительно-восстановительный потенциал [Д.А.Абдушукуров и др., 2014]. Пробоотбор проводился согласно методическим указаниям - из пяти точек в каждом рассматриваемом створе [Руководство, 2000], затем пробы доставлялись в лабораторию, где производилось упаривание воды при температуре до 70-85°C. Из 5 литрового объема воды выпариванием достигали объём пробы, равной 50 мл; при проведении анализов концентрация металлов пересчитывалась на полный объём воды.

Анализ макро- и микро- компонентного состава подготовленных проб воды выполнялся в институтах ядерной физики АН Республик Узбекистана и Казахстана. Метод НАА обладает высокой чувствительностью и позволяет определять содержания металлов в анализируемых образцах с точностью лучше, чем 10^{-10} г/г. Однако, метод НАА не позволяет регистрировать все элементы периодической системы: некоторые элементы образуют короткоживущие изотопы, некоторые - не образуют радиоактивных изотопов.

Результаты исследований и их обсуждение. Физико-химические параметры воды, измеренные на местах отбора проб, показали, что воды этих рек являются слабощелочными, значения рН варьируют в пределах от 7,5 до 8,14 [Д.А.Абдушукуров и др., 2014]. Соли в водах рек Таджикистана распределены неравномерно - наибольшая концентрация солей (1030 мг/л) зарегистрирована в точке Исфара 2 (до вливания в Ферганский канал), минимальная концентрация (40 мг/л) отнесена к образцу Шахристан 4 (конец перевала Шахристан со стороны Айни). Показатели общего состава солей в реке Варзоб и ее притоков низкие, со значением минерализации ниже 90 мг/л (рис. 1).

Измеренные параметры удельного сопротивления в речных водах хорошо соотносились с распределением солей и общего состава растворенных веществ, что подтверждало правильность произведенных измерений.



Рис. 1. Концентрация солей в реках Таджикистана.

В экологической химии окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) используется для определения степени окисления воды или изменения условий распространения в воде растворенных металлов. Показатели ОВП в изучаемых водах менялись в зависимости от места отбора образцов и находились в пределах от +334 до +470 мВ, диапазон сопоставим с ОВП природных вод. Концентрация растворенного кислорода является важным биохимическим показателем вод. Исследования показали, что все горные реки в достаточной степени насыщены кислородом (от 8,1 до 10,8 мг/л).

В подготовленных образцах методом НАА были определены 23 элемента (следуют в алфавитном порядке): As, Ba, Ca, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, La, Lu, Mn, Na, Rb, Sb, Sc, Sm, Tb, Th, U, Yb, Zn. Исследования показали, что наибольшие содержания кальция и натрия обнаружены в реке Сырдарья и в низовьях рек Пяндж, Вахш и Исфара. Горные реки Таджикистана и особенно реки Шахристан и Варзоб оказались богаты железом. В некоторых из них наблюдались превышения содержания железа над ПДК. Концентрации марганца были в норме, и ни в одной реке не превышало ПДК. Содержания тяжелых токсичных элементов в реках Таджикистана существенно ниже значений соответствующих ПДК, и только лишь в некоторых реках содержание мышьяка, сурьмы и урана меньше ПДК в 2...5 раз [Д.А.Абдушукуров и др., 2014].

Такие микроэлементы как церий, европий, лантан, лютеций, скандий, самарий, тербий и иттербий относятся к группе редкоземельных элементов (РЗЭ). Все РЗЭ имеют близкие химические свойства, в природе встречаются в

рассеянном состоянии. РЗЭ широко используются в высокотехнологичных производствах, и спрос на них возрастает. Этим обусловлен особый интерес к РЗЭ в наших исследованиях. Токсичные дозы РЗЭ для биотопов не установлены, и в литературе даже приводятся данные о том, что в организме человека эти элементы действуют как стимуляторы. Кроме того, в научной литературе встречаются исследования, которые легли в основу изобретения по применению РЗЭ или их соединений с использованием сорбционной технологии как способа для удаления токсичных металлов, включая радиоактивные элементы, из водных потоков.

В таблице 1 приведены содержания редкоземельных элементов, растворенных в водах основных рек Таджикистана, где видно, что РЗЭ имеют значительное превышение по сравнению с кларками речной воды [З.Н.Салибаева, 2013]. Кларки речной воды дают представление об оптимальной концентрации химических элементов и могут быть использованы для сравнения полученных экспериментальных данных с ними.

Таблица 1

Содержание редкоземельных элементов в водах (мкг/л)

Наименование реки	Ce	Eu	La	Lu	Sc	Sm	Tb	Yb	Сумма РЗЭ
Сиома	0,74	0,006	0,10	0,0095	0,010	nd	nd	nd	0,86
Тагоб	0,48	0,012	0,36	0,0081	0,051	nd	nd	0,0230	0,93
Оби Чаппа	1,56	0,017	0,71	0,0460	0,046	nd	nd	nd	2,38
Оджук	nd	nd	0,96	0,0410	0,022	nd	nd	nd	1,02
Варзоб 1	0,78	0,026	0,70	0,0036	0,109	0,019	0,0150	0,0330	1,69
Варзоб2	0,83	0,016	0,88	0,0130	0,037	nd	nd	0,0140	1,79
Сарбо	0,19	0,008	0,25	0,0051	0,002	nd	nd	0,0079	0,46
Сардаи Миёна	0,06	0,011	0,21	0,0024	0,017	nd	nd	0,0110	0,31
Кафирниган 1	0,39	0,220	0,53	0,0130	0,035	0,047	nd	0,0084	1,24
Кафирниган 2	0,43	0,018	0,38	0,0088	0,033	0,059	0,0074	0,0240	0,96
Кафирниган 3	0,30	0,014	0,36	0,0007	0,036	nd	nd	nd	0,71
Елок	1,63	nd	1,02	nd	0,054	0,011	nd	nd	2,72
Вахш 1	0,25	nd	0,20	0,0049	0,026	0,005	nd	nd	0,49
Вахш 2	0,74	nd	0,10	0,0100	0,050	nd	nd	nd	0,90
Гунг	0,11	nd	0,32	0,0140	0,008	nd	nd	nd	0,45
Пяндж 1	0,04	0,005	0,31	0,0130	0,015	nd	nd	nd	0,38
Пяндж 2	0,29	0,015	0,27	0,0041	0,051	0,038	nd	nd	0,67
Сырдарья 1	nd	nd	1,08	0,0480	0,097	nd	nd	nd	1,23
Сырдарья 2	0,27	nd	1,28	0,0340	0,020	nd	nd	nd	1,60
Исфара 1	0,26	0,012	0,29	0,0059	0,027	nd	nd	nd	0,59
Исфара 2	0,48	nd	0,96	0,0220	0,044	nd	nd	nd	1,51
Сабурган	0,38	0,010	0,10	0,0095	0,010	nd	nd	nd	0,50
Каратаг 1	0,13	0,009	0,36	0,0081	0,051	nd	nd	0,0230	0,58

Каратаг 2	0,28	0,090	0,71	0,0460	0,046	nd	nd	nd	1,17
Рогова	0,68	0,030	0,96	0,0410	0,022	nd	nd	nd	1,73
Хонако 1	0,63	0,024	1,08	0,0480	0,097	nd	nd	nd	1,88
Хонако 2	0,61	0,120	0,56	0,0048	0,110	0,035	0,0100	0,0160	1,47
Шахристан 1	0,82	0,027	0,21	0,0024	0,017	nd	nd	0,0110	1,09
Шахристан 2	0,35	0,010	0,12	0,0017	0,100	0,006	nd	nd	0,59
Шахристан 3	0,62	nd	0,20	0,0023	0,067	0,077	0,0060	0,0170	0,99
Шахристан 4	0,71	0,014	0,39	0,0022	0,035	0,052	0,0066	0,0110	1,22
Кларки речной воды	0,08	0,001	0,05	0,001	0,004	0,008	0,001	0,004	0,15

Кларки речной воды (растворённая форма) по А.П. Виноградову (1967)

nd – нет данных (концентрация ниже предела обнаружения)

Результат анализа распределения редкоземельных элементов (табл. 1) для некоторых исследуемых рек свидетельствует о положительной аномалии европия. Так значения концентрации европия в точке отбора пробы воды Кафирниган 1 составляет 0,22 мкг/л, а в точке отбора Хонако 2 составляет 0,12 мкг/л, по сравнению с самым низким содержанием в реке Пяндж 1 (0,005 мкг/л).

Содержания церия в воде оказались значительными в реках Оби Чаппа (1,56 мкг/л) и Елок (1,63 мкг/л) по сравнению с минимальной концентрацией в реке Пяндж 1, равной 0,004 мкг/л.

Высокими содержаниями лантана в водах отличаются реки Сырдарья 2 (1,28 мкг/л) и Елок (1,02 мкг/л), минимальные значения концентрации лантана в реках Сиома и Сабурган (0,10 мкг/л).

Достаточно высокие содержания лютеция в водах рек Оби Чаппа (0,046 мкг/л), Оджук (0,041 мкг/л), Сырдарья 1 (0,048 мкг/л), Каратаг 2 (0,046 мкг/л) и Хонако 2 (0,048 мкг/л). Низкое содержание лютеция приходится на реку Кафирниган 3 (0,0007 мкг/л).

Скандий распределен в водах также неоднородно: большими концентрациями отличаются реки Варзоб 1 (0,109 мкг/л) и Хонако 2 (0,110 мкг/л), низкими - река Сарбо (0,002 мкг/л).

К сожалению, не все РЗЭ были зарегистрированы в образцах воды, отобранных для исследований. Для самария, тербия и иттербия нет полных данных по их содержаниям в водах рек.

Следует отметить, что кларки речной воды в растворенной форме РЗЭ составляют очень низкие концентрации, их сумма составляет лишь 0,15 мкг/л (табл. 1).

Сумма концентраций РЗЭ в водах изменяется от 0,67 мкг/л (Пяндж 2) до 2,71 мкг/л (Елок), при среднем значении приблизительно 1,50 мкг/л.

Воды всех исследуемых рек являются слабощелочными и, явно, неблагоприятными для накопления и миграции РЗЭ в водах из-за того, что в щелочной среде эти элементы способны образовывать нерастворимые и малоподвижные соединения. Тем не менее, в реках Оби Чаппа, Варзоб 1, Елок и Сырдарья 2 отмечаются концентрации РЗЭ, намного выше среднего значения. Вероятно, это связано со значительными поступлениями их в воды за счет частичного растворения пород, обогащенных этими элементами. Низкие содержания РЗЭ в водах могут свидетельствовать о неблагоприятных гидрогеохимических условиях для их накопления в растворенной фракции. Наименьшее содержание РЗЭ приходится на реку Пяндж 2 [Д.А.Абдушукуров и др., 2015].

Распространенность суммы РЗЭ в составе вод отдельных рек, для которых имеются больше данных по содержанию РЗЭ, продемонстрирована на рисунке 2.

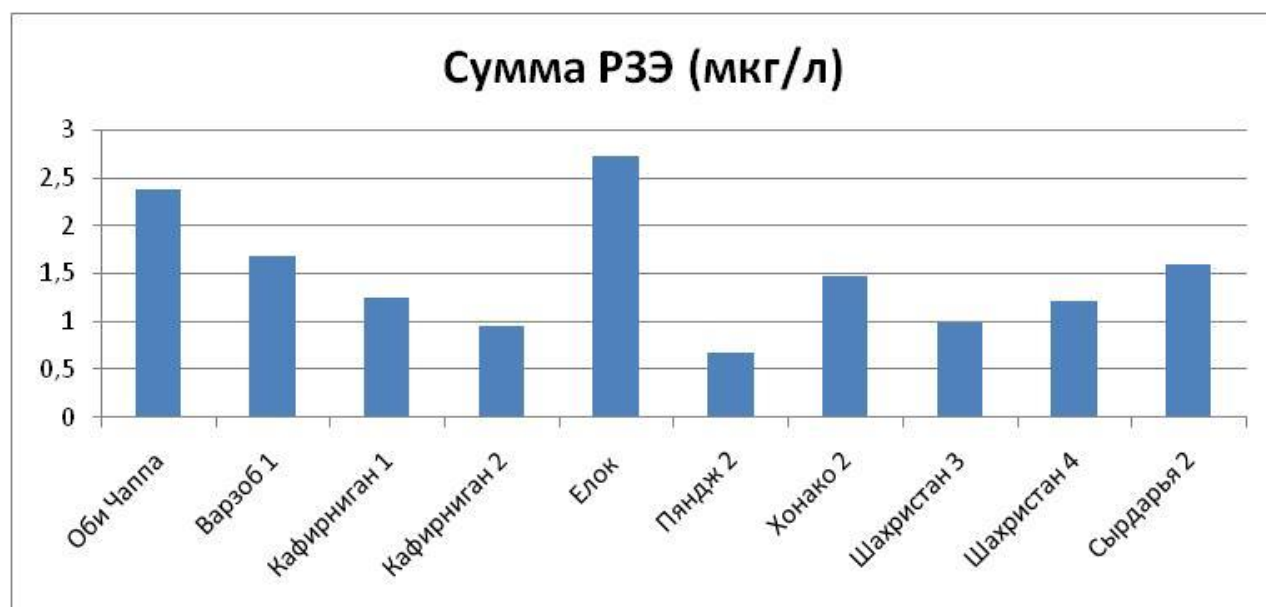


Рис. 2. Распространенность РЗЭ в водах рек Таджикистана.

На рисунке видно, что сумма РЗЭ в составе речных вод не является равномерной. Наибольшее содержание РЗЭ приходится на реки Елок (2,71 мкг/л) и Оби Чаппа (2,38 мкг/л). Наблюдается некоторая тенденция уменьшения концентрации редкоземельных элементов от истока к слиянию с большими реками. Это может быть связано с активно протекающими процессами сорбции РЗЭ речной взвесью, осаждения в виде соединений, а также с разбавлением другими водами и атмосферными осадками по мере удаления от истока реки.

Заключение. В рамках эксперимента «НАВРУЗ» были проведены отборы образцов в 31 точке основных рек Таджикистана. Отбор образцов был произведен в период половодья (май-июнь месяцы), без учета метеоусловий. В изучаемых пробах воды были определены 23 элемента, включая такие микроэлементы как Ce, Eu, La, Lu, Sc, Sm, Tb и Yb, которые относятся к группе редкоземельных элементов (РЗЭ).

К сожалению, не во всех образцах воды, отобранных для исследований из 31 точки основных рек Таджикистана, были зарегистрированы все элементы группы РЗЭ. В данной работе представлены результаты обработки и интерпретации о содержании РЗЭ в воде следующих рек: Оби Чаппа, Варзоб, Кафирниган, Елок, Пяндж, Хонако, Шахристан и Сырдарья. Концентрации РЗЭ в составе вод приведенных рек распределены неравномерно. Сумма концентраций РЗЭ в водах изменяется от 0,67 мкг/л (Пяндж 2) до 2,71 мкг/л (Елок), при среднем значении суммы РЗЭ по всем изучаемым рекам, равной 1,50 мкг/л и сумме кларков речной воды (растворённая форма) - 0,15 мкг/л.

В реках Оби Чаппа, Варзоб 1, Елок и Сырдарья 2 отмечаются концентрации РЗЭ, выше среднего значения. Очевидно, это связано со значительными поступлениями их в воды за счет растворения пород, обогащенных этими элементами.

Литература

1. Д.А. Абдушукуров, Т. Давлатшоев, А.А. Джураев, Х. Пассел, З.Н. Салибаева. Гидрогеохимические параметры качества воды в реках

Таджикистана. Часть 1. Физико-химические характеристики вод, Вестник Таджикского Национального университета, Серия естественных наук, 1/2 (130), 2014, С. 128-136.

2. Д.А. Абдушукуров, Х. Пассел, З.Н. Салибаева. Гидрогеохимические параметры качества воды в реках Таджикистана. Часть 2. Содержание макроэлементов в водах, Вестник Таджикского Национального университета, Серия естественных наук, 1/2 (130), 2014, С. 151-156.

3. Д.А. Абдушукуров, Х. Пассел, З.Н. Салибаева. Гидрогеохимические параметры качества воды в реках Таджикистана. Часть 3. Содержание микроэлементов в водах, Вестник Таджикского Национального университета, Серия естественных наук, 1/3 (134), 2014, С. 110-117.

4. Д.А. Абдушукуров, Х. Пасселл, З.Н. Салибаева. Редкоземельные элементы в составе вод рек Таджикистана, Вестник Таджикского Национального университета, Серия естественных наук, 1/2 (160), 2015, С. 195-199.

5. З.Н. Салибаева. Распределение микроэлементов в водах основных рек Таджикистана, Наука и новые технологии, Бишкек, № 7, 2013, С. 35-42.

6. Руководство по отбору проб воды и донных отложений на станциях мониторинга качества поверхностных вод бассейна Аральского моря. Среднеазиатский научно-исследовательский гидрометеорологический институт им. В.А. Бугаенко (САНИГМИ), Ташкент, 2000.

Ҳ.А. АБДУШУКУРОВ*, З.Н. СОЛИБОЕВ **

ЭЛЕМЕНТҲОИ НОЁБИ ЗАМИН ВА АНЪАНАВӢ ДАР ТАРКИБИ ОБИ ДАРӚҲОИ ТОҶИКИСТОН

**Институти физикаву техникаи ба номи С.У. Умарови АМИТ
Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон. E-mail: abdushukurov.dj@gmail.com*

***Маркази миллии таъхиси амниятӣ озуқаворӣи Кумитаи амниятӣ озуқаворӣи
назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон,
Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон, E-mail: zaynab.salibaeva@mail.ru*

Коркард ва тафсири маълумот дар бораи таркиби микроэлементҳои дар обҳои дарёҳои асосии Тоҷикистон ҳалшуда оварда шудааст. Дар ҷаҳорҷӯбаи озмоиши "Наврӯз" дар 31 нуқтаи дарёҳои асосии Тоҷикистон намуна гирифта шуд. Дар намунаҳои обҳои таҳқиқшуда 23 элемент, аз ҷумла микроэлементҳо аз қабилҳои Se, Eu, La, Lu, Sc, Sm, Tb ва Yb, ки ба гурӯҳи

элементҳои нодирӣ Замин дохил мешаванд, муайян карда шуданд. Концентрацияи ин элементҳо дар таркиби обҳо нобаробар тақсим шудаанд. Маҷмӯи концентрацияи замини нодир ва элементҳои пароканда дар обҳо аз 0,67 мкг/л (Панҷ 2) то 2,71 мкг/л (Элок) буда, арзиши миёнаи ҷамъи онҳо барои ҳамаи дарёҳо ба 1,50 мкг/л баробар аст ва ҷамъи кларкҳои оби дарё (шакли обшуда) то 0,15 мкг/л.

Калидвожаҳо: сифати об, замини нодир ва элементҳои пароканда.

D.A. ABDUSHUKUROV*, Z.N. SALIBAEV **

RARE-EARTH AND TRADITIONAL ELEMENTS IN THE COMPOSITION OF RIVER WATER OF TAJIKISTAN

* *Physical-Technical Institute. S.U. Umarova NAST
Dushanbe, Republic of Tajikistan, E-mail: abdushukurov.dj@gmail.com*

** *National Center for Diagnostics of Food Security of the Committee for Food Security
under the Government of the Republic of Tajikistan,
Dushanbe, Republic of Tajikistan, E-mail: zaynab.salibaeva@mail.ru*

The processing and interpretation of data on the content of trace elements dissolved in the waters of the main rivers of Tajikistan is presented. Within the framework of the «NAVRUZ» experiment, samples were taken at 31 points of the main rivers of Tajikistan. In the studied water samples, 23 elements were identified, including trace elements such as Ce, Eu, La, Lu, Sc, Sm, Tb and Yb, which belong to the group of rare earth elements. The concentrations of these elements in the composition of the waters are unevenly distributed. The sum of the concentrations of rare earth and scattered elements in the waters varies from 0.67 µg/L (Panj 2) to 2.71 µg/L (Elok), with an average value of their sum for all rivers equal to 1.50 µg/L and the sum of river water clarks (dissolved form) to 0.15 µg/L.

Key words: water quality, rare earth and scattered elements.

УДК 551.324.2+556

КЕРИМОВ А. М., КУРАШЕВА О. А.*

СРАВНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА
ПАМИРСКОМ ФИРНОВОМ ПЛАТО И В ЛЕДНИКАХ
ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

*Высокогорный геофизический институт,
Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия
E-mail: oks.anchik@mail.ru*

***Аннотация.** Химический состав ледников дает ценную информацию о состоянии загрязнения атмосферы в настоящий момент, позволяет восстановить в хронологической последовательности в историческом прошлом и выявить тенденцию его изменения в будущем. По анализу химического состава твердых осадков и местных источников можно оценить региональную и глобальную составляющие примесей. Возможность оценки антропогенной и естественной составляющих примесей в ледниках за ряд лет позволит характеризовать изменение указанных величин в атмосфере [1].*

В данной работе приводятся результаты исследований загрязненности ледников разных физико-географических районов: Центральный Кавказ (ЦК) (Адырсу, Уллукол), Центральный Памир (Памирское фирновое плато ПФП), расположенных на разных абсолютных высотах, охватывающий период с 1970 года по 1981 год на абсолютной высоте 5600 м над ур. моря (ПФП) и на 4600 м над ур. моря (Уллукол) на Центральном Кавказе. Так же приводится сравнительный анализ концентрации тяжелых металлов (ТМ) в ледниках Уллукол и на эталонном леднике Гарабаши (южный склон Эльбруса) с начала 80-х годов по настоящее время. Климатические, орографические и литологические условия формирования и аккумуляции примесей в ледниках различны, что накладывает свой отпечаток на концентрацию микроэлементов в ледниковых толщах.

Ключевые слова: Центральный Памир, Центральный Кавказ, ледники, химический состав.

Цель исследований: дать пространственно-временную характеристику распределения загрязненности ТМ ледников разных физико-географических районов: Центральный Кавказ (Адырсу, Уллукол, Гарабаши), Центральный Памир (ПФП), расположенных на разных абсолютных высотах.

Введение. Сотрудниками Высокогорного геофизического института (Росгидромета) в 1982 году была проведена экспедиция на Центральный

Памир на ПФП. В экспедиции были проведены ряд гляциологических и геохимических работ. Гляциологические работы включали снегосъемку на ПФП и оценку годовых накоплений теодолитной съемкой на разрезе фирново-ледяной толщи в шести точках вдоль отвесной стены плато. Теодолитная съемка выявила наличие на плато зон различного снегонакопления. Толщина разрезов менялась от 34 м до 90 м и средняя толщина слоёв составляла 240 см. Водозапас годовых слоёв достигал 1200 мм в слое воды.

Вторая часть исследований: геохимическая, заключалась в определении химического состава и микрочастиц. С этой целью были отобраны пробы из сезонных накоплений снежно-фирновой толщи на вертикальном разрезе, охватывающий период с 1970 года по 1981 год на абсолютной высоте 5600 м над ур. моря. На рисунке 1 представлен момент отбора проб из снежно-фирновой толщи на отвесной стене ПФП одним из авторов (Керимов А.М.).



Рис. 1. Отбор проб из снежно-фирновой толщи на химический анализ на Памирском Фирновом плато на высоте 5600 м н.у.м. (1982 г.).

Отбор проб из сезонной толщи зимнего снегонакопления в тёплой фирновой зоне даёт ценную информацию о миграции химических примесей в системах: атмосферный аэрозоль-осадки-снежный покров-речные воды. Анализ климатических условий выпадения осадков позволяет дать характеристику о происхождении химического состава атмосферных осадков.

Таким образом, представляют интерес, не только химический состав речных вод ледникового питания, у их истоков, но и их трансформация при дренировании через горные породы [2].

Материалы и методы исследования. Определение содержания ТМ в пробах снега, фирна и льда выполнялось с 1978 по 2010 г. в Высокотгорном геофизическом институте методом эмиссионного спектрального анализа. Методика определения подробно описана в работе [3], указанная аппаратура и методика прошли международную аттестацию приборов и методов для определения микроэлементов в природных средах. Анализ проб 2012–2021 гг. производились атомно–абсорбционным методом на спектрометре МГА–915 [4]. В пробах определялись следующие ТМ: Cr, Ni, Mo, Mn, Pb, Zn, V.

Результаты исследований и их обсуждение. Начало исследований по химическому составу ледников Кавказа относится к 60-70-м годам прошлого столетия. Заметный импульс исследованиям баланса массы и химического состава горных ледников Кавказа дал Международный геофизический год (1957-1958 гг.).

Поскольку у нас имелись данные по химическому составу ледников Кавказа (ледники Адырсу, Уллукол) за период с 1956 по 1981 гг., и ПФП с 1970 г. по 1981 г. было проведено сравнение химического состава ледников ЦК и ПФП. Поскольку периоды сравнения совпадают, стало возможным сравнить химический состав для упомянутых районов. Содержание средних значений ТМ представлено в таблице 1.

Таблица 1

Средние значения концентрации ТМ (мкг/л)

Район, ледник	Период	Ag	Cd	V	Zn	Ni	Cr	Pb	Mn
Уллукол	1956-1978	0.271	1.23	0.53	0.58	8.83	18.12	5.59	18.68
Адырсу	1973-1980	0,032				13,06	5,50	11,00	15,23
ПФП	1970-1982	0,021				2,13	2,55	12,48	8,21
Приэльбрусье, Гарабаши	Свежевыпавший снег 05.05.1981	0,023		0,31		1,83	3,06	1,90	2,56

Анализ содержания ТМ выявил их, большие концентрации на ледниках ЦК, нежели на ПФП, за исключением свинца. Также более высоким содержанием отличаются микрочастицы на ПФП [1]. Это объясняется, вероятно частыми вторжениями пыльных бурь с пустынных районов данного региона. Такие вторжения местное население называет «Афганцем».

На ЦК указанные исследования продолжаются непрерывно и в настоящее время. В работе [1] представлены результаты анализа проб на содержание ТМ в леднике северного склона Эльбруса – Уллукол. Проведен отбор проб на абсолютной высоте 4600 м и охвачен период 1956 по 1978 гг. Рассматриваемый период соответствует бурному росту металлоемких отраслей промышленности. В этой работе впервые выявлено сезонное изменение концентрации ТМ для ледников умеренных широт.

Далее приводится сравнительный анализ концентрации ТМ в ледниках Уллукол и Гарабаши. Ледник Гарабаши включён в систему наблюдений Международной службы мониторинга ледников. Ежегодные наблюдения за балансом массы ледника Гарабаши начались в 1982 г. и не прерываются до настоящего времени.

Распределение ТМ и микрочастиц с абсолютной высотой в указанных районах за 1982 г. представлено в таблице 2.

Таблица 2

Вертикальные профили ТМ (мкг/л) и микрочастиц (г/л) в снежном покрове Приэльбрусья и Памирского фирнового плато

Район, ледник	Период	Набс, м	Ag	Ni	Cr	Pb	Mn	Микрочастицы
Приэльбрусье, Гарабаши	27.02.- 02.03.1982	2150	0,138	4,30	4,86	4,31	5,20	0,103
		3000	0,196	9,31	8,27	6,91	9,56	0,022
		4000	0,077	1,75	3,46	0,84	1,33	0,016
		5000	-	-	-	-	-	0,014
ПФП	22.07.1982	4500	0,009	2,97	3,62	5,14	26,93	0,596
		5000	0,007	2,30	2,21	3,13	23,42	0,548
	27.07.1982	5800	0,021	1,73	1,52	12,41	13,70	0,195
	3-6.08.1982	6100	0,068	4,78	3,37	29,71	14,82	0,590
		6950	0,005	2,52	1,12	17,13	5,42	0,139
		7495	0,038	1,02	0,96	4,79	3,83	0,127

Результаты исследований химического состава сезонной снежной толщи южного сектора оледенения (на леднике Гарабаши 4000 м с 1999 по 2010 гг.) и ледника северного сектора оледенения Эльбруса – Уллукол (на абсолютной высоте 4600 м за 1956 по 1978 гг.) выявило, что в леднике Уллукол концентрации тяжелых металлов значительно больше в указанный период, чем в леднике Гарабаши на котором исследования проводились позже. Это свидетельствует о том, что атмосфера и осадкообразующие воздушные массы, формировавшие химический состав ледника были более загрязнены. Этот результат подтверждает, что ледники умеренных широт также могут служить индикаторами загрязненности окружающей природной среды, при условии отсутствия стока из слоя сезонного накопления снежной толщи [5, 6]. На рисунке 2 приводится электронная карта-схема концентрации ТМ в пробах снега, льда и речных вод в верховьях бассейна реки Баксан. Электронные карты-схемы составлены с помощью картографической программы «Google Earth Pro». Размеры сектора соответствуют максимальным значениям концентрации ТМ.

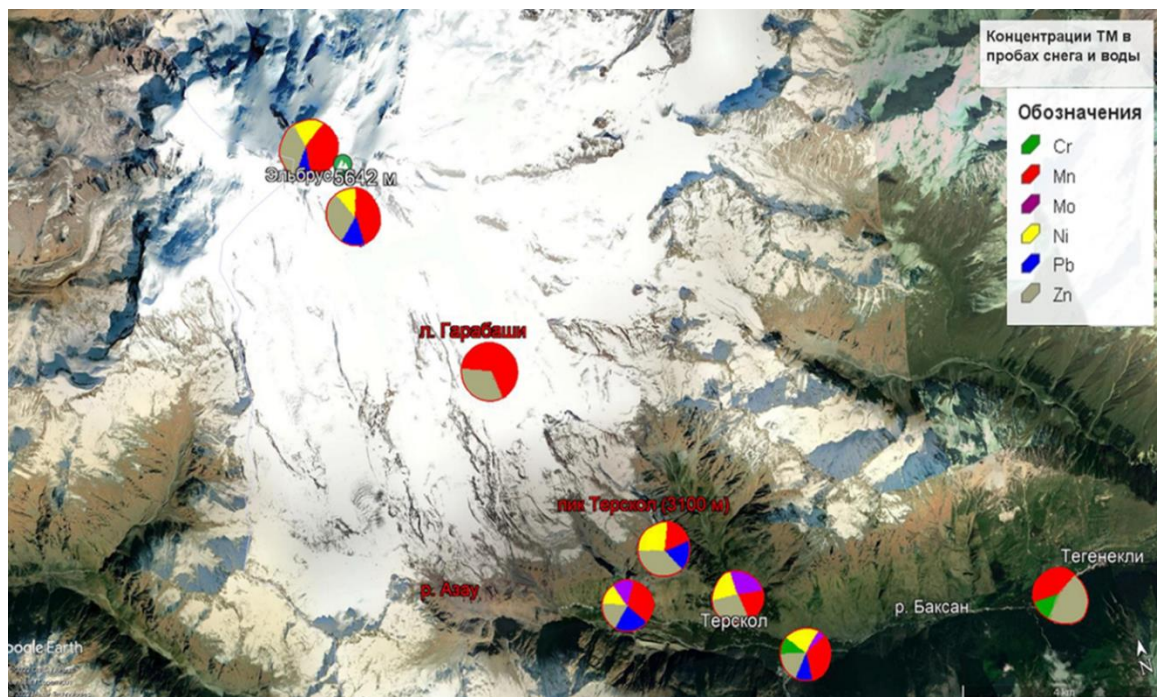


Рис. 2. – Электронная карта-схема концентрации тяжелых металлов в пробах снега и речных вод в верховьях бассейна р. Баксан (2018-2021 гг.).

На рисунке 3 приводится динамика содержания ТМ в пробах снега на леднике Гарабаши за рассматриваемые периоды (1999–2021 гг.).

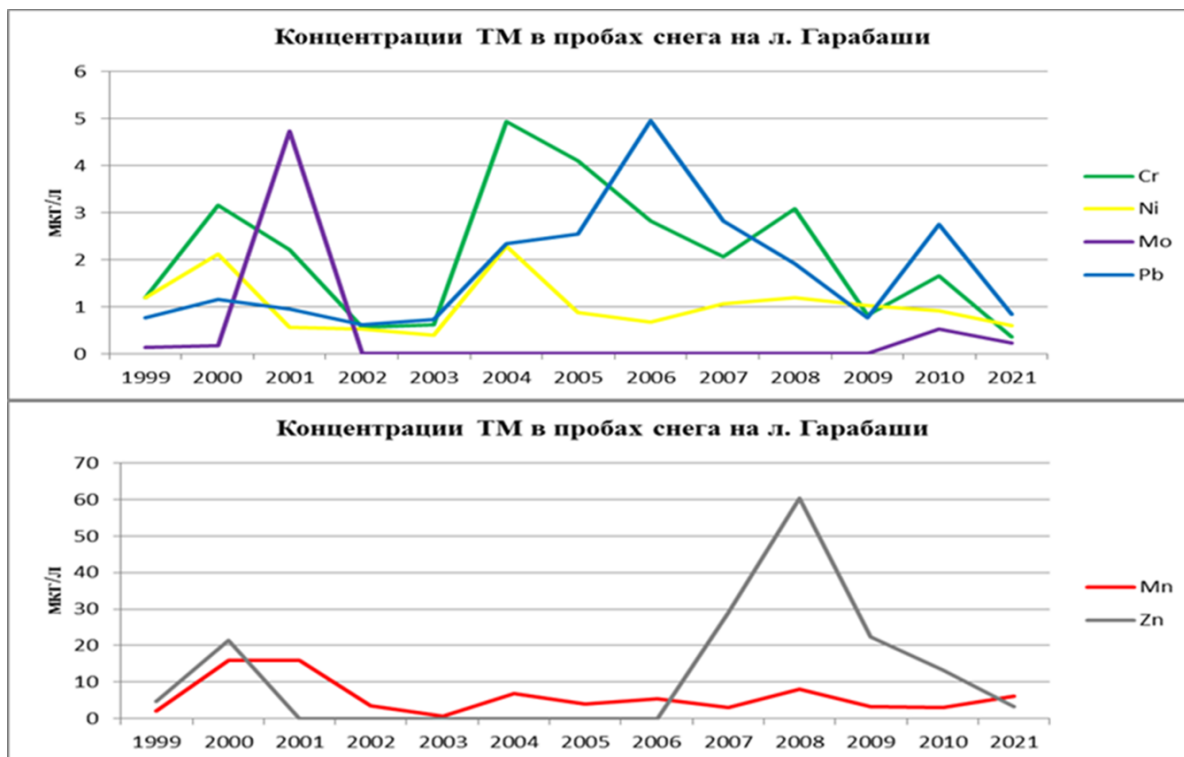


Рис. 3. Динамика содержания ТМ в пробах снега на леднике Гарабаши (4000 м н.у.м.).

Содержание и изменение всех рассматриваемых ТМ носят индивидуальный характер. Cr и Ni в отличие от других ТМ содержатся в количествах менее ПДК¹, и их абсолютные значения отличаются незначительно. Концентрация Mo в снежной толще за рассматриваемый период ниже ПДК¹, за исключением 2001 года.

Наибольшие концентрации соответствуют Mn и Zn. Высокое содержание Zn, как вулканогенного элемента в снежной толще, вероятно, связано с фуморольной деятельностью. Аномалии Mn объясняются высоким содержанием его, как породообразующего минерала в подстилающих породах Эльбрусского вулканического центра (ЭВЦ).

Выводы

1. Для сравнения содержания и распределения концентрации ТМ в системе ЭВЦ проведен анализ результатов исследований химического состава сезонной снежной толщи южного сектора оледенения (Гарабаши) и ледника

северного сектора оледенения Эльбруса – Уллукол. Сравнение выявило, что в леднике Уллукол концентрации ТМ значительно выше, чем на леднике Гарабаши. Концентрации ТМ в снежной толще и речных водах за 2018–2021 гг. несколько меньше, чем в первом десятилетии нынешнего века.

2. Результаты исследований выявили, что содержание и распределение примесей в ледниках различных физико-географических районов имеют индивидуальный характер и описывают влияние местных источников и крупномасштабных атмосферных процессов на формирование их химического состава.

3. Выявлено, что снежно-фирновая толща ПФП менее загрязнена ТМ, чем ледники ЦК, за исключением свинца и микрочастиц, что объясняется по-видимому, меньшим влиянием антропогенных источников на загрязнение ПФП.

4. Концентрации тяжелых металлов (Ag, Ni, Cr, Pb, Mn) на упомянутых ледниках меньше их ПДК для водоёмов хозяйственно-бытового назначения и талые воды могут использовать в качестве пресной воды.

Литература

1. Керимов А.М. Содержание тяжелых металлов в ледниках Центрального Кавказа (Адырсу, Уллукол) и Центрального Памира (Памирское фирновое плато) / А.М. Керимов, Т.И. Воробьева // Труды ВГИ. –1988. –№73. –С. 76–92.

2. Кутузов С.С. Пути дальнего переноса пыли на ледники Кавказа и химический состав снега на Западном плато Эльбруса/ С.С. Кутузов, В.Н. Михаленко, М. Шахгеданова, П. Жино, А.В. Козачек, И.И. Лаврентьев, Т.М. Кудерина, Г.В. Попов //Лёд и Снег. – 2014. –№ 3 (127). –С. 5–15.

3. Бурцев И. И. Методика определения микроэлементов в природных объектах при проведении геофизических исследований / И. И. Бурцев, Л. В. Бурцева, Т. И. Воробьева, и др. // Труды Высокогорного геофизического института. – Выпуск 45. – 1980. – С. 51–66.

4. Методика измерений массовой концентрации алюминия, бария, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, лития, марганца, меди, молибдена, мышьяка, никеля, свинца, селена, серебра, стронция, титана, хрома, цинка, в пробах природных и сточных вод атомно–абсорбционным методом с электротермической атомизацией с использованием атомно–абсорбционного спектрометра модификаций МГА–915, МГА–915М, МГА–915МД. ННДФ 14.1:2.253–09 (М 01–46–2016); М. 2013. 36 с.

5. Керимов А. М. Деградация оледенения Центрального Кавказа с конца XIX века и характеристика химического состава речных вод ледникового питания / А. М. Керимов, О.А. Курашева // Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод. – Ростов-на-Дону, 2020. – С. 59–64.

6. Керимов А.М. Сравнительный анализ концентраций тяжёлых металлов в истоках реки Баксан и леднике Гарабаши (южный склон Эльбруса) / А.М. Керимов, О.А. Курашева // Известия ДГПУ. Естественные и точные науки. – 2018. – Т. 12 №1. – С. 49–56.

KERIMOV A. M., KURASHEVA O. A.*

COMPARISON OF THE CONTENT OF HEAVY METALS ON THE PAMIR FIRNOV PLATEAU AND IN THE GLACIERS OF THE CENTRAL CAUCASUS

High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia; e-mail: oks.anchik@mail.ru

Annotation. *The chemical composition of glaciers provides valuable information about the state of atmospheric pollution at the moment, allows you to restore in chronological order in the historical past and identify the trend of its change in the future. By analyzing the chemical composition of solid precipitation and local sources, one can estimate the regional and global components of impurities. The possibility of assessing the anthropogenic and natural components of impurities in glaciers over a number of years will make it possible to characterize the change in these values in the atmosphere [1].*

This paper presents the results of studies of the contamination of glaciers in different physical and geographical regions: the Central Caucasus (CC) (Adyrsu, Ullukol), the Central Pamir (Pamir firn plateau FP), located at different absolute heights, covering the period from 1970 to 1981 at absolute altitude 5600 m a.s.l. sea (PFP) and 4600 m in the Central Caucasus. A comparative analysis of the concentration of heavy metals (HM) in the Ullukol glaciers and on the reference Garabashi glacier (the southern slope of Elbrus) from the beginning of the 80s to the

present is also given. The climatic, orographic and lithological conditions for the formation and accumulation of impurities in glaciers are different, which affects the concentration of trace elements in glacial strata.

Key words: Central Pamir, Central Caucasus, glaciers, chemical composition.

КЕРИМОВ А. М., КУРАШЕВА О. А.

МУҚОИСАИ ТАРКИБИ МЕТАЛЛҲОИ ВАЗНИН ДАР ТЕПШАИ ПОМИР ФИРНОВ ВА ПИРЯХҲОИ ҚАФҚОЗИ МАРКАЗӢ

*Институти геофизикии Алп,
Налчик, Ҷумҳурии Қабардину Балқар, Русия
Почтаи электронӣ: oks.anchik@mail.ru*

Ғишурда. Таркиби химиявии пиряхҳо дар бораи ҳолати ифлосшавии атмосфера дар айни замон маълумоти нурқимат дода, ҳамзамон имкон медиҳад, ки бо тартиби хронологӣ дар гузаштаи таърихӣ барқарор карда шуда, тамоюли тағйирёбии он дар оянда низ муайян карда шавад. Бо таҳлили таркиби химиявии боришоти сахт ва манбаъҳои маҳаллӣ метавон ҷузъҳои минтақавӣ ва ҷаҳонии ифлосҳоро ҳисоб кард. Имконияти арзёбии ҷузъҳои антропогенӣ ва табиӣ ифлосҳо дар пиряхҳо шароит фароҳам меорад, ки тағйирёбии ин арзишҳо дар атмосфера тавсиф карда шаванд [1].

Дар ин мақола натиҷаҳои таҳқиқоти ифлосшавии пиряхҳо дар минтақаҳои гуногуни физикуи ҷуғрофӣ: Қафқози Марказӣ (ҚМ) (Адирсу, Уллукол), Помири Марказӣ (настқӯҳи Помир фирн ФП), ки дар баландиҳои гуногуни мутлақ ҷойгир шударо, дар бар мегирад, аз соли 1970 то соли 1981 дар баландии мутлақ 5600 м аз сатҳи баҳр (РФР) ва 4600 м дар Кавкази Марказӣ ҷойгир шудааст. Инчунин таҳлили муқоисавии консентратсияи металлҳои вазнин (ХМ) дар пиряхҳои Уллукол ва пиряхи Гарбаши (нишеби ҷанубии Элбрус) аз ибтидои солҳои 80-ум то имрӯз оварда шудааст. Шароити иқлимӣ, орографӣ ва литологии ташаккул ва ҷамъшавии ифлосҳо дар пиряхҳо гуногунанд, ки ин ба консентратсияи микроэлементҳо дар қабатҳои пиряхҳо таъсир мерасонад.

Калидвожаҳо: Помири Марказӣ, Кавкази Марказӣ, пиряхҳо, таркиби химиявӣ.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Керимов Абдуллах Мухаметович, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник отдела стихийных явлений. тел. 8 –903–494–42–62; E–mail: kerimov.a.m.@mail.ru

Курашева Оксана Альбертовна, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», младший научный сотрудник лаборатории гляциологии, отдел стихийных явлений. тел. 8–967–421–56–36; E–mail: oks.anchik@mail.ru*

Работа выполнена в ФГБУ «Высокогорный геофизический институт»
360030, Россия, КБР, г. Нальчик, пр. Ленина, 2.
Телефон: +7 (8662) 40-19-16.

УДК 551.583

А.К. КАЮМОВ, А.М. ШОМАХМАДОВ, М.Т. САФАРОВ

СВЯЗЬ МЕЖДУ ОБЫЧНЫМИ И ГЛЯЦИАЛЬНЫМИ СЕЛЯМИ С ИЗМЕНЕНИЕМ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

***Аннотация.** Основной целью настоящей статьи является качественное и количественное изучение взаимосвязи селевых потоков и основных метеорологических параметров.*

Установлено, что на метеорологических станциях, установленных в долинах, осадки либо не регистрируются или они незначительные, тогда как на станциях, установленных в горной местности регистрируются значительные осадки.

Выявлено, что ход изменения температуры воздуха совместим с ледниковыми (гляциальными) и обычными селями и этот ход может быть принят как их предвестник.

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

Постановка задачи

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

За 1997-2018 гг. в Таджикистане зарегистрировано около 3460 стихийных бедствий (в среднем 1 стихийное бедствие каждые 2 дня). Сели составляют в среднем 70 случаев и 35 смертей в году [5].

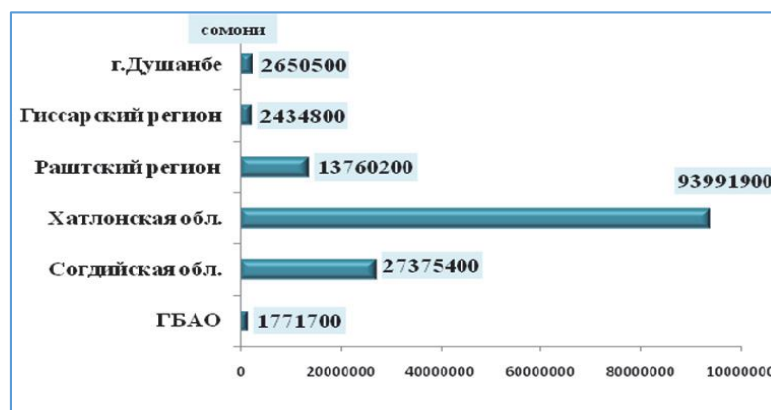


Рис. 1. Экономический ущерб от стихийных бедствий в 2021 году по регионам Республики Таджикистан [7].

За 2010-2021 гг. ущерб от стихийных бедствий составил 1,5 млрд. сомони, т.е. примерно 254 млн. долларов США [7].

На рис.1 приведен размер экономического ущерба от стихийных бедствий в 2021 году по регионам Республики Таджикистан [7]. Где показано, что наибольший ущерб наблюдается в Хатлонской (74%) и Согдийской (19,3%) областях и по селевым потокам (74%).

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

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

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

Использованные материалы и методы анализа данных

Для достижения поставленных целей были использованы метеорологические материалы (бюллетени) Агентства по гидрометеорологии на периоды происшедших селей [3], а для получения необходимой информации по стихийным бедствиям и их ущерба, обзоры чрезвычайных ситуаций за 2018 – 2021 гг., подготовленные Комитетом по чрезвычайным ситуациям.

Для анализа также были использованы данные о стихийных бедствиях, происшедших в 2021 году, запрошенные в Комитете по чрезвычайным ситуациям [6] и информация, приведенная в других источниках, посвященных проблемам изменения климата [2, 4, 8, 9, 10].

Обзор погодных условий и стихийных бедствий в 2021 году

Согласно данным Комитета по чрезвычайным ситуациям [6], крупномасштабными и наиболее разрушительными были сели, происшедшие

6, 11 и 13 мая. Подобные селевые потоки наблюдались также 14, 19 и 28 июля и 5 августа 2021 гг., поэтому именно они были выбраны в качестве предмета исследования.

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

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

Анализ данных по метеостанции Тавилдара показывает (рисунки 2-3 и таблица 1), что связь между изменениями дневных и ночных температур, недостаточно тесна ($r(t_1, t_2) = 0,64$). Незначительна также связь между температурой воздуха и дневными и ночными осадками также (r от 0,29 до 0,55, рис. 3).

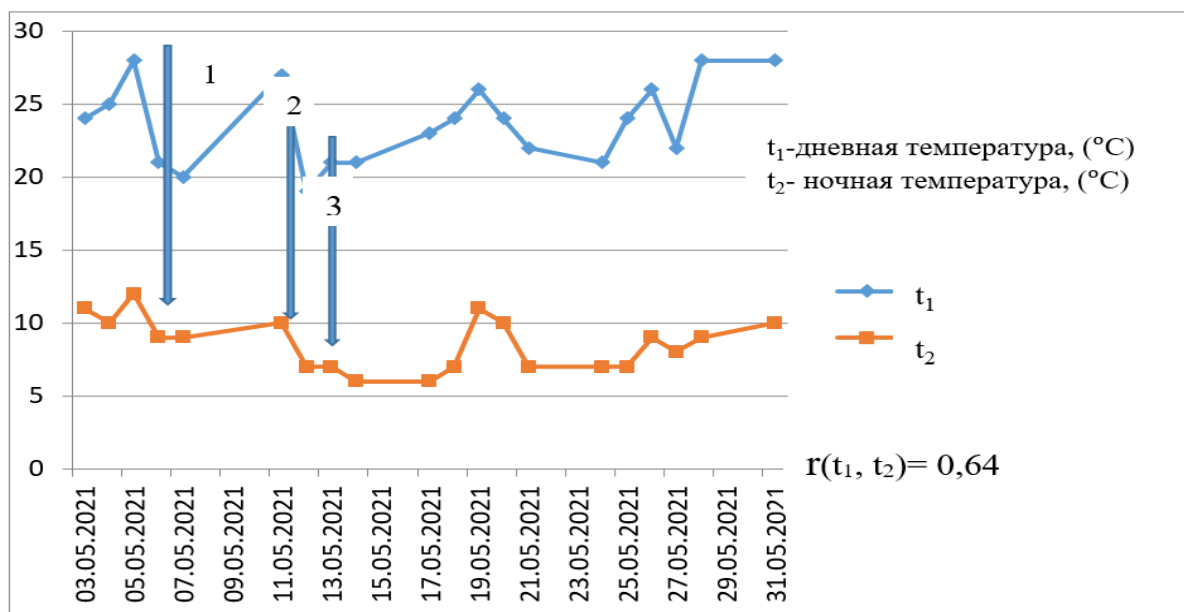


Рис. 2. Данные температуры воздуха за май 2021 года для станции Тавилдара. На рисунке стрелками также приведены сели, происшедшие в отдельных регионах страны: 1-6 мая, 2-11 мая и 3-13 мая.

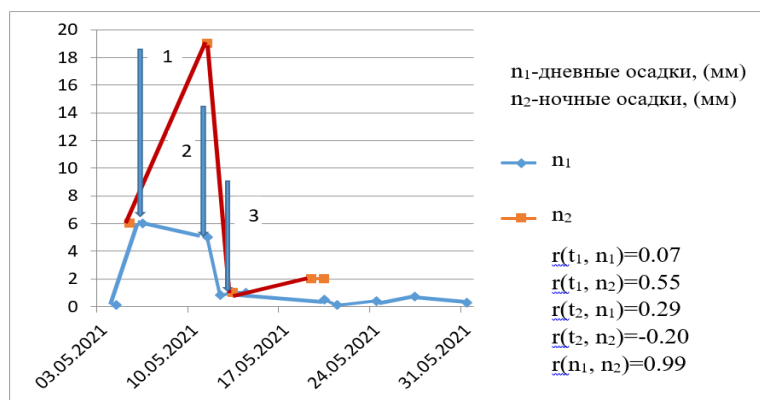


Рис. 3. Данные по осадкам за май 2021 года для станции Тавилдара. На рисунке стрелками также приведены сели, происшедшие в отдельных регионах страны: 1-6 мая, 2-11 мая и 3-13 мая.

По всей вероятности причиной большого разброса значений коэффициента корреляции между температурой воздуха и осадками является очень малый объем данных по осадкам, несовпадение дней и ночей с осадками и большой разброс их значений (σ) относительно среднего (таблица 1).

Несмотря на крупные селевые потоки, прошедшие в мае месяце в непосредственной близости от городов Куляб и Турсунзода, а также районов Ашт, Айни, Рашт, Нурабад, Яван и Вахшской долины, на станциях, расположенных в долинах, осадки не наблюдались, хотя в горной части территории прошли ливневые дожди.

Такие же явления наблюдались и во время прохождения селевых потоков 19 июля и 5 августа 2021 года в джамоатах Ёри и Амондара города Пенджикент. Так, на станции Пенджикент, находящейся недалеко от места селевых потоков, осадки не регистрировались, в то время как в высокогорьях наблюдались сильные осадки [3]. Поэтому для анализа данных по этим событиям были использованы данные станции Дехавз и Шахристан, расположенных в высокогорье.

По данным Агентства по гидрометеорологии [3], 1-9 и 26-28 июля 2021 года температура воздуха в стране повысилась не только в долинах, но и на высотах более 3000 метров над уровнем моря, вследствие чего возникла опасность возникновения гляциальных селей.

Таблица 1.

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

Название станции	$r(t_1, t_2)$	$r(t_1, n_1)$	$r(t_1, n_2)$	$r(t_2, n_1)$	$r(t_2, n_2)$	$r(n_1, n_2)$	$t_{1cp} \pm \sigma$	$t_{2cp} \pm \sigma$	$n_{1cp} \pm \sigma$	$n_{2cp} \pm \sigma$
1. Муминабад	0.74	-0.69	-0.83	0.81	-0.58	0.99	25,2±4,3	12,3±2,05	7,6±10,4	11,1±17,1
2. Ховалинг	0.65	-0.51	0.29	0.34	-0.29	0.99	24,2 ±4,6	13,2±2,2	4,0±5,1	12,0±16,3
3. Яван	0.72	0.11	-0.99	-0.20	-0.95	-	30,7±3,5	18,9±6,9	2,8±9,5	10,7±9,9
4. Буstonобод	0.54	0.93	0.66	-0.52	-0.49	-	18,3±3,2	10,4±4,7	6,5±5,3	10,2±6,3
5. Шахристон	0.61	-0.37	-0.19	-0.21	0.19	0.80	9,0±2,2	3,2±3,6	2,8±3,9	0,9±3,9
6. Истаравшан	0.81	-0.45	0.94	-0.53	0.97	-0.52	27,7±3,4	15,1±2,6	2,7±6,0	0,2±0,2
7. Хушёрӣ	0.29	-0.31	0.99	0.46	0.99	-	24,4±3,5	11,7±1,6	3,1±4,1	8,5±6,4
8. Тавилдара	0.64	0.07	0.55	0.29	-0.20	0.99	23,7±2,8	8,6±1,8	1,5±2,0	6,0±7,5
9. Дарваз	0.56	0.25	0.39	0.22	-0.28	-0.27	27,2±3,0	13,3±1,5	0,5±0,8	2,5±5,1
10. Пенджикент	0.56	-0.64	0.50	-0.86	0.50	-0.50	28,8±4,6	15,5±2,5	3,9±6,1	0,7±1,1
11. Айвадж	0.64	-	-	-	-	-	34,0±3,4	20,5±2,3	5,0 ± 0,0	16,0±12,7
12. Эсанбай	0.74	0.1	-0.99	-0.11	-0.99	-	32,9±4,8	17,5±2,0	3,9±5,1	9,0±7,1
13. Фархор	0.81	0.74	-0.24	-0.78	-0.87	-0.99	32,6±4,2	18,6±2,6	3,7±8,0	5,2±8,5
14. Хамадони	0.41	0.20	-0.33	0.67	0.76	-	32,7±3,4	14,4±2,4	7,7±7,4	3,7±4,6
15. Санглох	0.82	-0.73	0.80	-0.75	0.50	-	17,1±3,1	10,5±2,3	6,7±5,6	3,3±4,0
16. Ганджина	0.60	-0.11	0.99	-0.19	0.98	-	30,5±3,9	16,9±1,6	2,2±4,8	1,5±0,7
17. Гиссар	0.43	0.25	0.44	0.99	0.99	-	29,9±4,0	15,2±2,1	8,6±7,8	2,4±3,2
18. Душанбе	0.78	0.23	0.00	0.76	-0.52	-0.81	29,9±3,5	15,2±2,0	2,9±2,7	5,9±7,0
19. Дангара	0.66	-0.54	-0.12	-0.55	-0.10	0.99	31,6±4,8	16,9±2,1	2,0±2,0	5,4±3,9
20. Куляб	0.82	-0.87	-0.91	0.76	-0.28	-	31,2±4,2	15,2±5,5	5,3±5,8	2,7±2,9
21. Пянджи Поён	0.61	0.10	-0.39	-0.35	-0.70	-	35,0±3,3	19,3±2,1	0,5±0,9	2,9±6,2
22. Пяндж	0.37	0.96	-0.50	-0.85	-0.07	-	33,4±3,6	16,7±1,4	1,2±1,5	7,7±9,8
23. Дарбанд	0.59	-0.69	-0.82	0.30	-0.58	-	23,4±3,4	12,2±1,7	2,0±2,5	0,3±0,5
24. Гулшан, Ашт	0.35	-	-	-	-	-	32,1±2,3	17,1±2,4	-	-
25. Рашт	0.33	-0.44	0.15	-	0.15	-	25,9±2,6	11,4±2,2	1,3±2,5	0,5±0,8
26. Бустон, Масгчо	0.64	-0.67	-	-0.94	-	-	31,8±3,8	17,9±4,6	2,7±1,2	5,0±3,8

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

Так, 14 июля 2021 года на речке Сугат (Ляхшский район) из сая, берущего начало из ледника Баралмос сошел крупный селевой поток, в результате которого автотрасса Вахдат-Ляхш на 250-м км была засыпана камнями и гравием, на протяжении 300-500 м [8]. Такие же случаи происходили в этом районе, с той же последовательностью, 28 июля [6].

Если причиной селей 28 июля (2 селя за 1 день) в Ляхшском районе было повышение суточной температуры воздуха и быстрое таяние ледников 26-28 июля, то причиной селя 14 июля, вероятно, было как повышение температуры в течение 1-9 июля (рис. 2), быстрое таяние ледников, критическое наполнение ледниковых озер на леднике Баралмос, так и наблюдаемые 13-14 июля осадки, т.е. произошло смешанное воздействие, экстремальное повышение температуры воздуха 1-9 июля и ее снижение 12-14 июля.

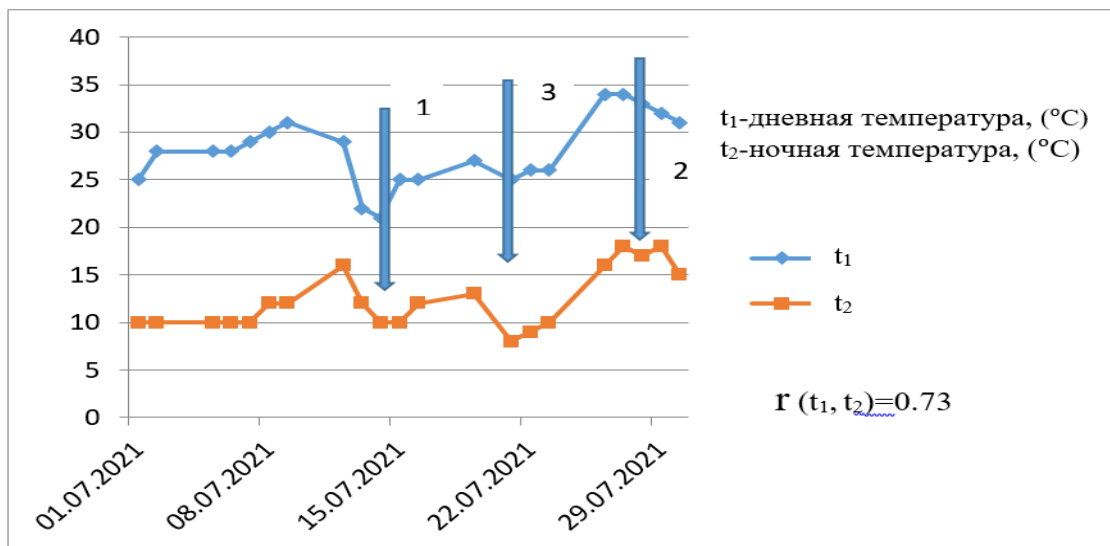


Рис. 4. Данные температуры воздуха за июль 2021 года для станции Ляхш. На рисунке стрелками приведены сели, происшедшие: 1-14 июля, 2-28 июля и 3-19 июля 2021 года.

На рис. 4 приведен график изменения температуры воздуха на ближайшей к событиям станции Ляхш. Можно убедиться, что связь температуры воздуха (дневная температура) достаточно тесная [$r(t_1, t_2) = 0,73$, таблица 1]. График связи температуры воздуха с осадками не рассматривался, поскольку, как было замечено выше, значения данных по осадкам очень разнятся.

Помимо тесной взаимосвязи между дневной и ночной температурами на станции Ляхш для селевых потоков 14 и 28 июля в Ляхшском районе, также можно наблюдать и тесную связь этих параметров по селевому потоку 19 июля в Пенджикентском районе (рис.4).

Анализ данных по ходу изменению температуры воздуха до наступления крупномасштабных обычных и ледниковых (гляциальных) селей показал, что он практически одинаков на всех метеостанциях и имеет вид, приведенный на рисунках 2, 4 и наконец на рис. 5.

Поэтому такой ход изменения температуры воздуха можно принять в качестве предвестника селевых потоков (обычных или ледниковых).

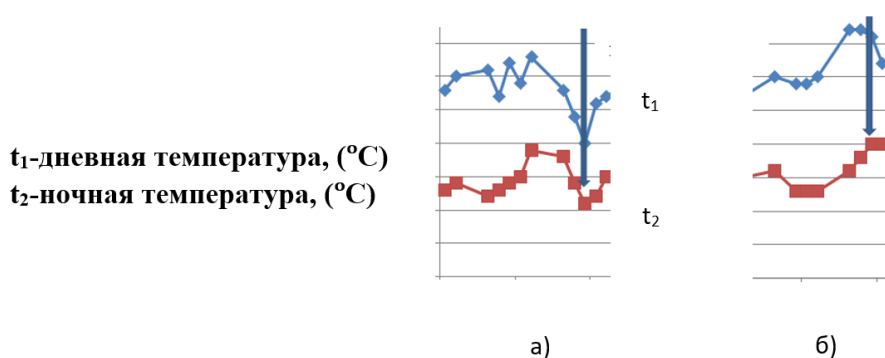


Рис. 5. Ход изменения температуры воздуха до возникновения обычных а) и ледниковых б) селей.

Заключение

Причиной прохождения ливневых дождей на больших высотах (больше 2000-2500 м над уровнем моря) являются конвективные дождевые облака [1].

Хотя на станциях в долинах могут наблюдаться небольшие дожди или полное их отсутствие, на станциях, установленных в высокогорье, могут регистрироваться значительные осадки.

Быстрое повышение температуры летом увеличивает вероятность быстрого таяния ледников и возникновения ледниковых селей, а ее резкое падение может вызывать обычные сели.

Из-за небольшого количества данных по осадкам и их большого разброса, можно полагаться только на количество осадков (более 14 мм), наблюдаемое в день событий или накануне их возникновения.

Ход изменения температуры воздуха одинаков практически на всех метеостанциях страны и может быть принят в качестве предвестника селевых потоков.

Предложения и рекомендации

По результатам исследования предлагаются следующие рекомендации и предложения:

1. Налаживание тесного сотрудничества между соответствующими министерствами и ведомствами Республики Таджикистан и исполнительными органами государственной власти и местного самоуправления в области обмена информацией.

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

3. Установка автоматического гидрологического оборудования на самых прорывоопасных ледниковых озерах, находящихся на активных ледниках (высоты выше 3000-3500 м), с целью отслеживания изменений их состояния и прогнозирования возможных чрезвычайных ситуаций.

Литература

1. Веремей Н. Краткий словарь терминов по конвективным облакам. <http://meteoweb.ru/> , февраль 2005 г.

2. Второе Национальное Сообщение Республики Таджикистан по Рамочной Конвенции ООН об Изменении Климата. Ответственные редакторы Б. Махмадалиев, А. Каюмов, В. Новиков и И. Раджабов. Душанбе, 2008 г.

3. Метеорологические бюллетени Агентства по гидрометеорологии Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан на май-август месяцы 2021 года. Душанбе, 2021 г.

4. Национальный план действий Республики Таджикистан по смягчению последствий изменения климата. Душанбе, 2003 г.

5. Национальная стратегия Республики Таджикистан по снижению риска стихийных бедствий на 2019-2030 годы. Душанбе, 2018 г.

6. Официальная информация, по стихийным бедствиям, происшедшим в период май-август 2021 года, полученная из Комитета по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне при Правительстве Республики Таджикистан.

7. Обзор чрезвычайных ситуаций на 2021 год. Комитет по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне при Правительстве Республики Таджикистан. Душанбе, июль 2020г.

8. Первое Национальное Сообщение Республики Таджикистан по Рамочной Конвенции ООН об Изменении Климата. Ответственные редакторы Б. Махмадалиев и В. Новиков. Душанбе, 2002 г.

9. Сафаров М.Т., Каюмов А.К. Влияние неблагоприятных, опасных и стихийных гидрометеорологических явлений на отрасли экономики в условиях изменения климата. Душанбе, 2013 г.

10. Третье Национальное Сообщение Республики Таджикистан по Рамочной Конвенции ООН об Изменении Климата. Под редакцией: А. Каюмова, профессора, член-корреспондента Инженерной академии и В. Новикова. Душанбе, 2014 г.

А.Қ. ҚАҶОМОВ, А. ШОМАҲМАДОВ, М. САФАРОВ

МУНОСИБАТИ СЕЛҲОИ ОДӢ ВА ПИРЯХӢ БО ТАҒӢИРИ ПАРАМЕТРҲОИ МЕТЕОРОЛОГӢ

Фиишурда. Мақсади асосии ин мақола омӯзиши миқдор ва хусусиятҳои робитаи селҳо бо параметрҳои асосии метеорологӣ мебошад.

Муқаррар карда шудааст, ки дар пойгоҳҳои метеорологии дар водиҳо гузошта шуда боришот ё ба қайд гирифта намешавад ва ё кам аст, ки дар пойгоҳҳои дар баландкӯҳ гузошта шуда бошад, боришот зиёд ба қайд гирифта мешавад.

Муайян карда шуд, ки рафти тағйирёбии ҳарорати ҳаво ба селҳои пиряхӣ ва селҳои муқаррарӣ мувофиқ аст ва ин ҷараёно ҳамаҷун пешгузаштаи онҳо қабул кардан мумкин аст.

Калидвожаҳо: параметрҳои метеорологӣ, ҳарорати ҳаво, боришоти атмосфера, коэффитсиенти коррелятсия, паҳншавии параметрҳои метеорологӣ, офатҳои табиӣ ва зарари онҳо, пешгузаштаи сел.

A.K. KAYUMOV, A.M. SHOMAKHMADOV M.T. SAFAROV

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

***Abstract:** The main purpose of the study is a qualitative and quantitative study of the relationship between mudflows and changes in the main meteorological parameters.*

It was found that at the meteorological stations installed in valleys precipitation, either they are not registered or they are insignificant, but significant precipitation are registered at stations installed in mountainous areas.

It was revealed that course of changes in air temperature and its compatibility with glacial and ordinary mudflows can be taken as a precursor of mudflows.

Key words: meteorological parameters, weather temperature, precipitation, correlation coefficient, data spread of meteorological parameters, disasters and their damages, precursor of mudflows.

УДК 551.324.63

А.К.КАЮМОВ, Х.Д.НАВРУЗШОЕВ

ДЕГРАДАЦИЯ ЛЕДНИКОВ СЕВЕРНОГО СКЛОНА ЮЖНО-АЛИЧУРСКОГО ХРЕБТА ПО СОСТОЯНИЮ НА 2021 ГОД

Государственное научное учреждение “Центр изучения ледников Национальной академии наук Таджикистана”

Приведены сведения, о результатах гляциологических исследований бассейна реки Токузбулак за период 1977 по 2021 гг. На основе Каталога ледников СССР установлено, что в бассейне реки Токузбулак расположено 94 ледника (№398-492) с общей площадью 50,3 км². Для исследований были выбраны ледники северного склона Южно-Аличурского хребта под №457-472. Проверка точности проведенных границ реализована использованием снимков высокого разрешения базы данных ArcMap Online. По результатам исследований выявлен деградированный ледник №422, а также установлена динамика ледников северного склона Южно-Аличурского хребта, которые находятся в водосборе реки Токузбулак потеряли 1,4 км² своей площади.

Ключевые слова: Гунт, Токузбулак, река, бассейн, ледники, оледенение, деградация, сокращение площади, спутниковый мониторинг, полевые наблюдения.

Дешифрирование снежно-ледовых поверхностей космическими снимками имеет множество как научных, так и практических сфер применения – от мониторинга процесса снеготаяния для прогноза уровней и расходов воды весеннего половодья до каталогизации горных ледников, и оценки их отклика на современное изменение климата [1].

Мониторинг и исследования ледников имеют важное практическое значение как для прогноза состояния запаса водных ресурсов так и использования их в различных секторах экономики, в том числе сельском хозяйстве и энергетике [2] Большинство ледников по всему миру отстают. За последние десятилетия потеря массы ускорилась. Реакции ледников в Высокогорной Азии, в том числе на Тянь-Шане и Памире, очень неоднородны в пространственном отношении. Продолжающееся отступление ледников

будет иметь серьезные последствия для ресурсов пресной воды в Центральной Азии, особенно при сценариях с высоким уровнем выбросов [3, 4, 5].

Площадь оледенения бассейна реки Гунт значительная по данным [6] составляет 609 км², при этом собственно сам бассейн (13700 км²) охватывает значительную территорию Юго-Западного Памира.

Одним из основных источников питания рек бассейна реки Гунт - это ледники. Экономический и социальные секторы Горно-Бадахшанской автономной области (далее ГБАО) в полной мере зависят от достаточности водных ресурсов, формирующиеся в основном из вод сезонных снегов и ледников. В частности, 90% электроэнергии (37 мВт), поставляемая на территорию ГБАО (Шугнанский, Рошткалинский, Рушанский, Ишкашимский районы и город Хорог) вырабатывается гидроэлектростанциями, большинство из которых построены на реках бассейна реки Гунт.

С сожалением приходится признать тот факт, что за последние 50 лет гляциологические работы на данной территории не проводились и естественно данные о современном оледенении и состоянии ледников в целом отсутствуют. Данные по бассейну реки Токузбулак также отсутствуют.

В настоящей статье приведены данные мониторинга и анализа деградации ледников бассейна реки Токузбулак в период с 1977 по 2021 гг., полученные на основе использования спутниковых снимков Landsat и Sentinel 2A, а также данные полученные в процессе реализации полевых наблюдений прямым гляциологическим методом в 2020-2021 гг.

Целью исследований была оценка современного состояния оледенения бассейна реки Токузбулак за период 1977 по 2021гг. **Объектом** исследований были выбраны ледники северного склона Южно-Аличурского хребта.

Задачи, реализующие цель исследований определены: выявление деградированной площади ледников данного склона; сравнение данных полученных в процессе полевых изысканий с данными дистанционного зондирования; сравнение полученных данных полевых наблюдений с

данными автоматической идентификации границ ледников на ГИС платформах.

Место исследования

Река Токузбулак вторая по величине река длиной 62 км, бассейна реки Гунт (1110 км²), является левым её притоком и вытекает из южной части оз. Аккуль, расположенного на южном склоне Бакчигирского хребта на абсолютной высоте 4485 м [9]. В верховьях на протяжении первых 15 км, река протекает по широкой ледниковой долине в южном направлении, через ряд озер со средним падением русла 33 м/км. Описав дугу и изменив направление течения на северо-западное, река принимает слева р. Южный Токузбулак, вытекающую из восточной части оз. Турумтайкуль (рис.1). В районе пос. Джиланды долина Токузбулака расширяется, с многочисленными выходами серных термальных источников. Ниже этого поселка водность реки увеличивается, а русло расширяется до 18 м [9].

С использованием цифровой модели рельефа (ЦМР) высотности, была разработана карта (рис. 1). Бассейн реки Токузбулак выделен красным цветом.

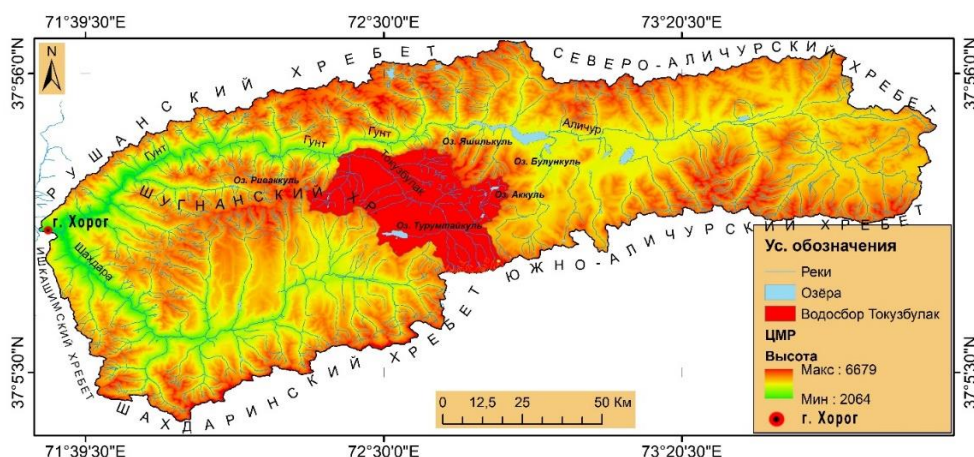


Рис. 1. Расположение реки Токузбулак на карте бассейна реки Гунт

Зона формирования (верховья) реки Токузбулак расположена в 140 км от г. Хорога - административного центра Горно-Бадахшанской автономной области (ГБАО) и является «переходной зоной» между Западным и Восточным Памиром. Долинная часть реки расположена на высоте 4271 м, а гребни хребтов поднимаются до 6700 м над ур.м. Этот регион является

отгонным пастбищем для сельскохозяйственных животных Шугнанского, Рошткалинского и Ишкашимского районов. Общая площадь этого региона насчитывает около 42840 га, горы и озера здесь занимают около 14045 га, а пастбищные угодья составляют 28495 га [7].

Климат

Метеорологические данные для анализа и сравнения с другими областями бассейна реки Гунт включали в себя алгоритм интерполяции данных автоматизированных станций всего мира располагающие данными температуры воздуха (рис.2), атмосферных осадков (рис.3), суточного диапазона температур, а также атмосферное давление [8].

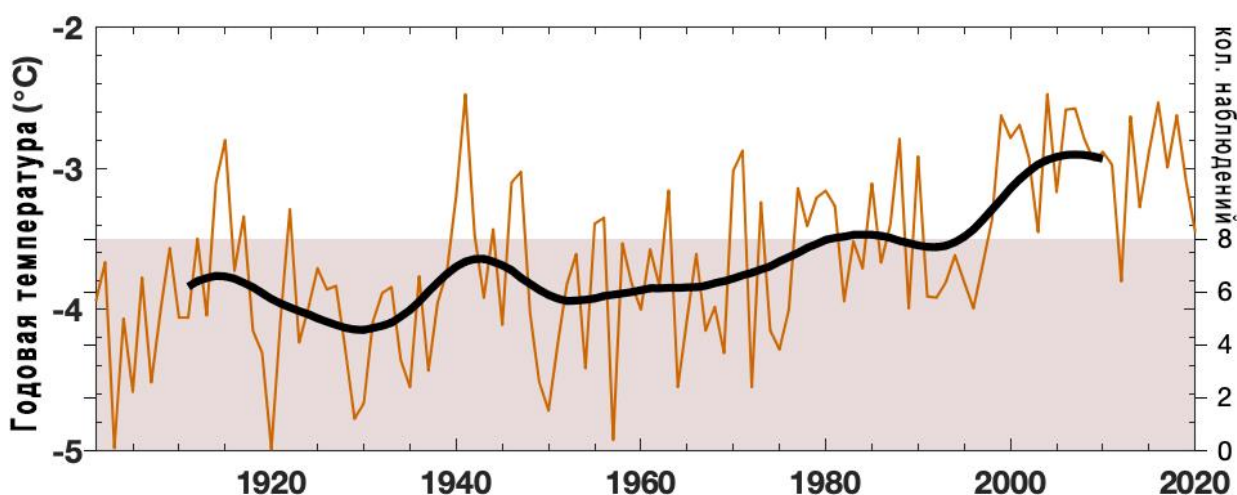


Рис. 2. Температура воздуха в верховье реки Токузбулак [8]

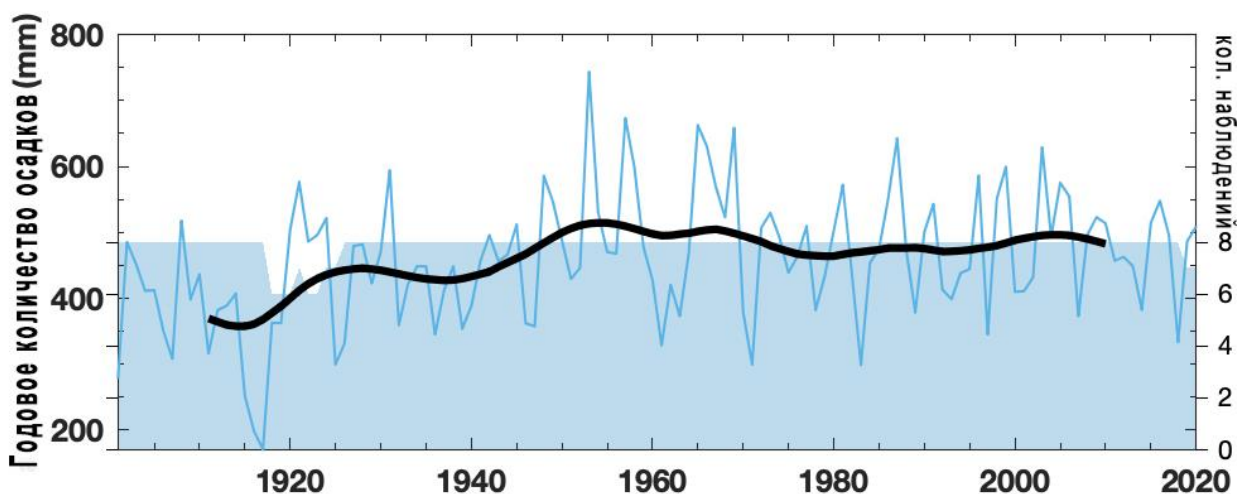


Рис. 3. Атмосферные осадки в верховье реки Токузбулак [8]

Гидрология

Единичные измерения стока произведенные А.О. Кемерихом 10 августа 1967 г., на реке Токузбулак у пос. Джиланды показали, что сток реки невелик и составляет всего 8,53 м³/сек, что соответствует модулю стока 14л/сек км². Низкий сток Токузбулака связан с тем, что значительная часть бассейна реки находится в пределах Восточного Памира, с незначительным выпадением осадков, а также зарегулированностью стока озерами Турумтайкуль и Аккуль [9].

Относительно снежного покрова в этой зоне следует отметить, что в долине реки Токузбулак, до 90ых годов прошлого столетия функционировали несколько снегомерных пунктов, установленные в верховьях реки на высотах 3600-3900 м. Результаты снегосъемок, в долине, указывают на значительную высоту снежного покрова, достигающую в среднем 40-50 см, а в отдельных местах до 120 см [6, 11].

Оледенение

В бассейне реки Токузбулак находятся 94 ледника (№398-492) с общей площадью 50,3 км². На основе данных Каталога ледников СССР [6], нами подготовлена карта данной территории с указанием ледников (рис.4).

Следует отметить, что Южно-Аличурский хребет вытянут в широтном направлении от истоков р. Шахдара на западе до р. Истык на востоке, длиной 138 км. На западе он отдален плоскими широкими перевалами от Шахдаринского и Шугнанского хребтов, а на востоке, постепенно понижаясь, доходит до берегов Истыка. В отличие от более северных хребтов, Южно-Аличурский полностью находится в зоне восточно-памирского типа рельефа: эрозия коснулась его лишь на 30 километровом участке, вдоль устьевой части долины р. Памир [10].

На северном склоне Южно-Аличурского хребта расположен 131 ледник, 10 из которых площадью от 1 до 3 км². Присутствуют также долинные и карово-долинные ледники (около 50% от общей площади оледенения) с

короткими языками, оканчивающиеся выше отметки 4660 м. Но наиболее многочисленные это мелкие склоновые ледники (51% общего числа) [11].

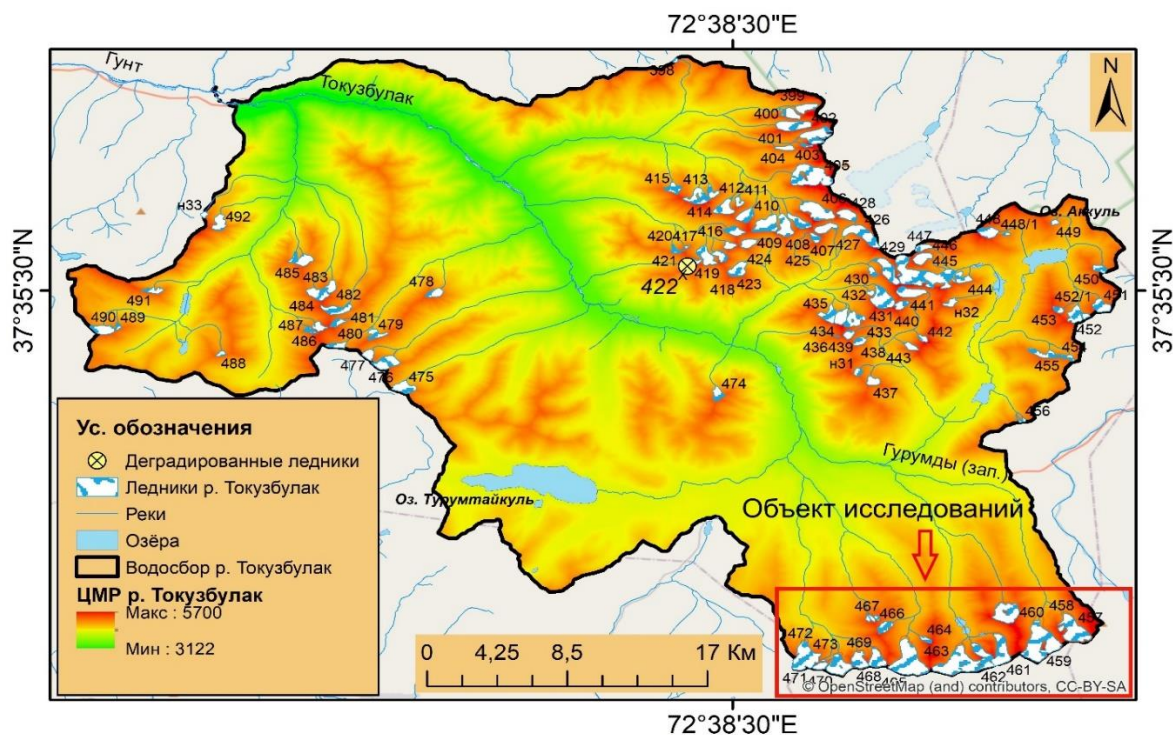


Рис.4. Карта водосбора реки Токузбулак

Методика оценки изменения площади оледенения

Как указывалось выше, для выявления деградированной площади ледников бассейна реки Токузбулак были выбраны ледники северного склона Южно-Аличурского хребта (№457-472) (рис.4.) Все последующие данные в статье, являются результатами полевых исследований проведенные в данном районе.

Основополагающей задачей регионального спутникового мониторинга является одновременная оценка текущего состояния оледенения в пределах речных бассейнов, ранее выделенных в Глобальном Каталоге WGMS и сравнение морфометрических параметров с аналогичными предыдущими данными [12].

Картографирование и анализ динамики ледников также входит в перечень важнейших задач космического мониторинга снежно-ледовых объектов суши. Для дешифрирования ледников в основном используется синтез каналов *SWIR-NIR-RED*, позволяющего отображать ледники ярко-

голубым цветом с четкими границами, предоставляющие возможность с высокой точностью очертить границы ледников как в ручном режиме, так и в автоматическом, используя при этом, ГИС программы. Горным ледникам характерны наличие двух зон: зона питания (выше снеговой линии, где накопление снега и льда превышает его потери на таяние и испарение, аккумуляция) и зона абляции (ниже снеговой линии, где потери снега и льда превышают объем накопления). На снимках во вторую половину лета и начало осени, оптимальные для изучения ледников периоды, зоны выделяются очень четко [1].

Для ручного вычисления размеров деградированной площади за анализируемый период принимались космические снимки со спутников Landsat и Sentinel 2A, а для проверки точности проведенных границ использовались снимки высокого разрешения базы данных ArcMap Online.

Для автоматической идентификации границ и вычисления площади ледников использовались стандартизированные методики Нормализованный относительный индекс снежного покрова *NDSI (Normalized Difference Snow Index)* и Нормализованный относительный индекс ледника *NDGI (Normalized Difference Glacier Index)* [13, 14] с целью идентификации снежного покрова и ледники при игнорировании облачного покрова по формулам:

$$NDSI = (Green - SWIR) / (Green + SWIR)$$

Для снимков Sentinel 2 MSI:

$$NDSI (Sentinel 2 MSI): Green=B3, SWIR=B11$$

$$NDSI = \frac{B3-B11}{B3+B11};$$

Для снимков Sentinel 2 MSI:

$$NDGI = (NIR-Green)/(NIR+Green)$$

$$NDGI (Sentinel 2 MSI): NIR=B3, Green=B4$$

$$NDGI = \frac{B3-B4}{B3+B4};$$

Здесь:

Green = значения пикселей из зеленого канала;

SWIR = значения пикселей из коротковолнового инфракрасного канала.

NIR = ближний инфракрасный диапазон.

Результаты

Полученные данные являются результатами современных наблюдений ледников бассейна реки Гунт и отраженные в Каталоге ледников СССР.

Исследованиями установлено, что за рассматриваемый период (1977-2021 гг.) ледники северного склона Южно-Аличурского хребта, питающие реку Токузбулак потеряли 1,4 км² (8,3 %) своей площади (рис.5), а ледник №422 деградировал полностью.

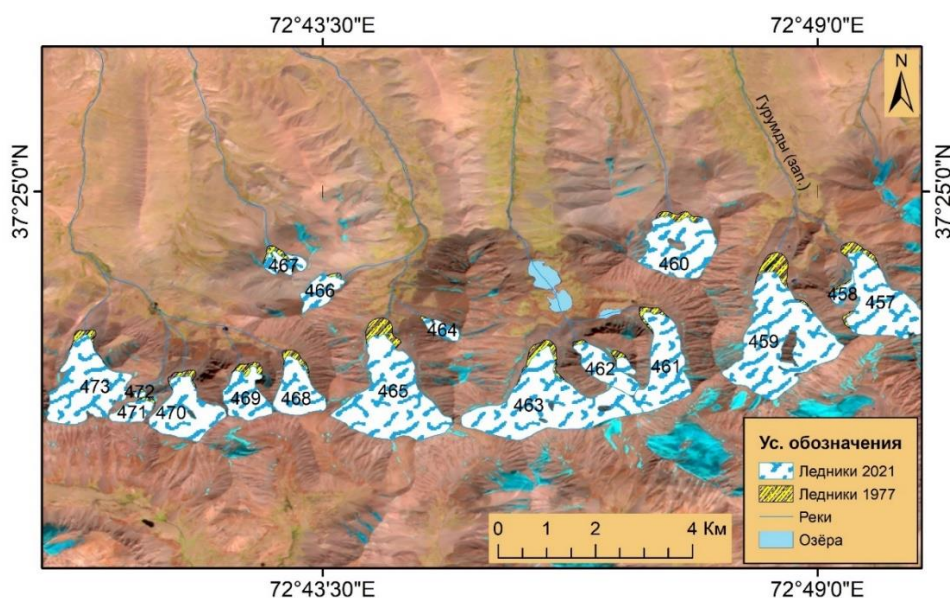


Рис. 5. – Отступление языковых частей ледников северного склона Южно-Аличурского хребта

В процессе полевых работ, выполненных в 2020 года, у языковой части ледника № 459 было выявлено отсутствующее на космических снимках 1977 года и в Каталоге ледников СССР образовавшееся озеро (фото 1) площадью 19941 м². Появление этого озера выявилось на онлайн платформах, соответствующих данным 1990 годов. Образование озера у языковой части данного ледника ускорило его таяние, при чем за период наблюдений, сокращение составило 405 метров, что является наибольшим сокращением

среди ледников исследуемой территории. Фронтальная морена данного ледника очень велика и своим морфологическими характеристиками и при отступании ледника на его ложе образовалось благоприятное место для образования выявленного озера в языковой части ледника № 459.

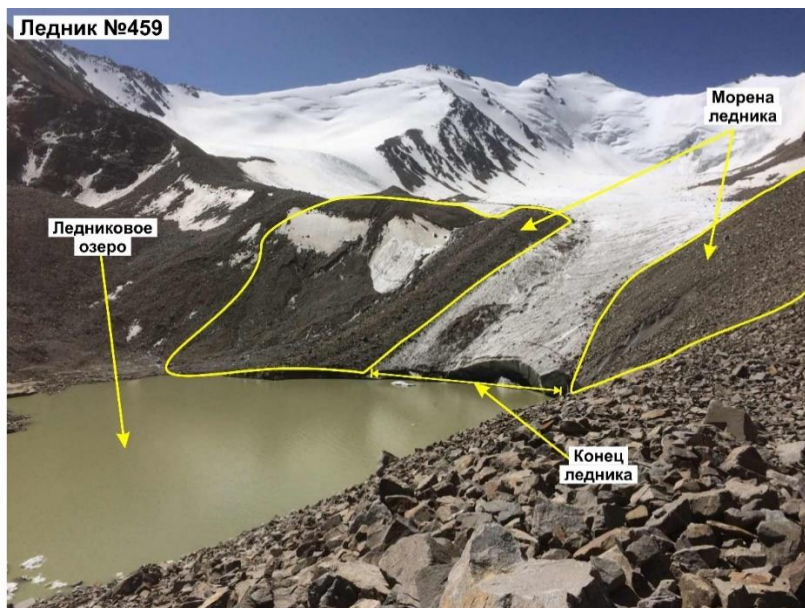


Фото 1. Озеро у языковой части ледника №459

Установлено, что (фото 1) поверхность ледника с правой части около языка покрыта мореной, которая при дешифрировании космических снимков и анализа снимков разных ГИС платформ не считается как часть ледника и как чистый лёд.

Автоматическая идентификация ледников производилась использованием методик NDSI и NDGI (рис. 6).

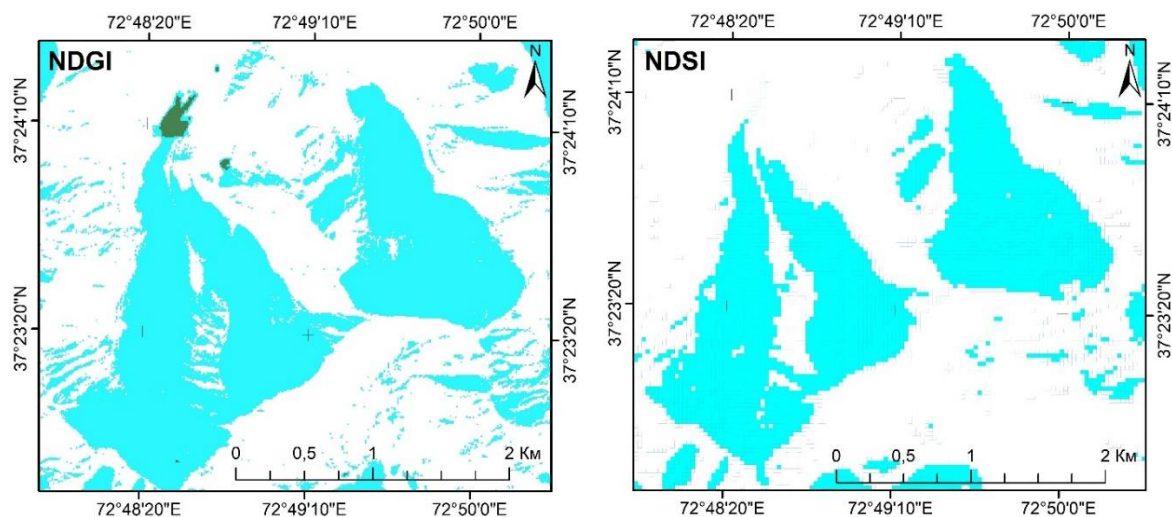


Рис. 6. – Результаты выделения ледников по методикам NDSI и NDGI.

Полученные результаты позволяют утверждать, что использование автоматических расчетов для вычисления площади оледенения больших территорий являются очень удобными, однако вместе с этим следует учитывать тот факт, что для проведения исследования высокого уровня, носящие национальный или региональный характер, необходимо осуществлять детальную доработку в ручном режиме.

В рамках реализованных исследований, было осуществлено сравнение полученных результатов по применяемым методикам, позволившие сделать вывод о преимуществе методики NDSI позволяющая получить наиболее достоверные и адекватные данные (рис. 6). Установлено, что в отличие от методики NDSI, при использовании методики NDGI неопределенных зон, требующих в последствии значительного времени для ручной и полуавтоматической корректировки, остается намного больше.

Обсуждение результатов

Результаты исследований доказывают востребованность и необходимость полевых работ при проведении гляциологических работ, которые повышают, в разы, достоверность полученных результатов. Доказательством данного тезиса являются полученные данные и результаты, приведенные на фото 1.

Полученные результаты исследований близки к результатам исследований изложенных в ранее опубликованных работах [15], Установлено, что отступление языковой части на ледниках №457-459 намного меньше, чем у ледников горы Бакчигир, притоков Шазуддара и Сафедобдара южного склона Рушанского хребта.

Заключение

Данная работа посвящена анализу и оценке, а также сравнению основных направлений изучения ледников, включая дистанционное ручное,

автоматическое и полевые работы, являющиеся составным и необходимым инструментарием комплексного исследования ледников.

Результаты полевых исследований позволили повысить уровень достоверности полученных результатов и выявить основные недостатки применяемых методов дистанционных наблюдений.

Проведенные исследования ледника №422, площадь которого по данным Каталога ледников СССР составляла 0,1 км², позволили установить полную его деградацию.

Установлено, также, что ледники северного склона Южно-Аличурского хребта (водосбор реки Токузбулак) потеряли 1,4 км² или 8,3 % своей площади.

В частности, при изучении современного состояния ледников необходимо увеличивать период полевых наблюдений, восстановить снегомерные пункты в зоне ледников, а также гидрологические посты, данные которых востребованы при расчете и моделировании полученных результатов и осуществления возможного прогнозирования состояния ледников.

Литература

1. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения [Электронный ресурс]. А. Н. Шихов, А. П. Герасимов, А. И. Пономарчук, Е. С. Перминова; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2020. – 49,6 Мб; 191 с.

2. Каримов Ф.Х. Моделирование медленно движущихся и пульсирующих ледников. Вестник Таджикского национального университета. Серия Естественных Наук. – 2015 год, – №1-4. – С. 260-266.

3. Каюмов А., Махмадалиев Б., Новиков В. Второе национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. -Душанбе, 2008. – 86 с.

4. Каюмов А.К., Новиков В.В. Третье национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. -Душанбе, 2014. - 166 с.

5. Barandun, M., Pohl, E., Naegeli, K., McNabb, R., Huss, M., Berthier, E., et al. (2021). Hot spots of glacier mass balance variability in Central Asia. *Geophysical Research Letters*, 48, e2020GL092084. <https://doi.org/10.1029/2020GL092084>.
6. Каталог Ледников СССР. -Том 14. Средняя Азия, -Часть 15. Бассейн реки Гунта. – Гидрометеиздат, – 1979. –128 с.
7. Акназаров Х. А. Продуктивность и емкость пастбищных угодий верховья реки Токузбулак (Западный Памир) / Х. А. Акназаров // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. – 2011. – Т. 54. – № 1. – С. 67-70.
8. Harris, I., Osborn, T.J., P. et al. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Sci Data* 7, 109 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0453-3>
9. Кеммерих А.О. Гидрография Памира и Памиро-Алая. М.:1. Мысль11, 1978. – 264 с.
10. Забиров Р.Д. Оледенение Памира. М.: Географгиз» 1955. - 372 с.
11. Долгушин Л. Д., Осипова Г. В. Ледники. —М.: Мысль, 1989. — 447 с.
12. Коновалов В.Г. Динамика оледенения Центральной Азии по материалам дистанционного зондирования. - Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. -2012. Т.9. №1. – С. 281-288
13. Patrick Burns, Anne Nolin. Using atmospherically-corrected Landsat imagery to measure glacier area change in the Cordillera Blanca, Peru from 1987 to 2010. *Remote Sensing of Environment*. Volume 140. 2014. P 165-178. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.026>.
14. Shafique, M., Faiz, B., Bacha, A.S. et al. Evaluating glacier dynamics using temporal remote sensing images: a case study of Hunza Valley, northern Pakistan. *Environ Earth Sci* 77, 162 (2018). <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7365-y>
15. Наврузшоев Х. Д. Деградация ледников южного склона Рушанского хребта по космическим снимкам и каталогу ледников СССР / Х. Д. Наврузшоев // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение

физико-математических, химических, геологических и технических наук. – 2020. – № 4(181). – С. 137-147.

А.Қ.ҚАЮМОВ, Х.Д.НАВРУЗШОЕВ

ДИНАМИКАИ ЯХБАНДИИ ҲАВЗАИ ДАРӢИ ТОҚУЗБУЛОҚ (ҲАВЗАИ ДАРӢИ ҒУНД)

Муассисаи давлатии илмӣ “Маркази омӯзиши пирахҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон”

Маълумот дар бораи натиҷаҳои тадқиқоти пирахшиносии ҳавзаи дарӢи Тоқузбулоқ дар давраи аз соли 1977 то соли 2021 оварда шудааст. Дар асоси Каталоги пирахҳои СССР муқаррар карда шудааст, ки дар ҳавзаи дарӢи Тоқузбулоқ 94 пирах (№ 398-492) ҷойгир аст, ки масоҳати умумии онҳо 50,3 км² мебошад. Барои тадқиқот пирахҳои қисмати шимолии қаторкӯҳҳои Аличури Ҷанубӣ таҳти № 457-472 интихоб карда шуданд. Санҷиши дақиқии сарҳадҳои кашидашуда бо истифода аз аксҳои саҳеҳияташон баланд аз базаи ArcMap Online амалӣ карда шуд. Тибқи натиҷаҳои тадқиқот муайян карда шуд, ки пирахҳои №422 нест шуда, пирахҳои дар қисмати шимолии қаторкӯҳҳои Аличури Ҷанубӣ, ки дар ҳавзаи дарӢи Тоқузбулоқ ҷойгиранд, 1,4 км² масоҳати худро аз даст додаанд.

Калидвожаҳо: Ғунд, Тоқузбулоқ, дарӢ, ҳавза, пирахҳо, яхбандӣ, таназзул, камшавии масоҳат, мониторинги мохворагӣ, мушоҳидаҳои саҳроӣ.

A.K.KAYUMOV, H.D. NAVRUZSHOEV

ASSESSMENT OF GLACIER DEGRADATION ON THE NORTHERN SLOPE OF THE SOUTH-ALICHUR RIDGE AS OF 2021

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

Data on the results of glaciological studies of the Tokuzbulak river basin for the period from 1977 to 2021 are presented. On the basis of the Catalogue of glaciers of the USSR it was established that in the Tokuzbulak river basin there are 94 glaciers (№398-492) with a total area of 50.3 km². Glaciers of the northern slope of the South - Alichur ridge were chosen for research under № 457-472. The accuracy of the boundaries was checked using high resolution images of ArcMap Online database. According to the results of the research the degraded glacier № 422 was identified and the dynamics of glaciers of the northern slope of the South - Alichur range, which are in the Tokuzbulak River watershed lost 1.4 km² of their area was also established.

Key words: Gunt, Tokuzbulak, river, basin, glaciers, glaciation, degradation, area reduction, satellite monitoring, field observations

УДК 551.324.43

А.К.КАЮМОВ, Х.К.КАБУТОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕДНИКА ВОСТОЧНЫЙ ЗУЛМАРТ (№139)
ГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

*Государственное научное учреждение «Центр изучения ледников
Национальной академии наук Таджикистан»*

В статье приведены результаты измерения баланса массы ледника с использованием гляциологического метода, основанного на данных аккумуляции и абляции, а также экстраполяции площади, для определения общего баланса ледника. Целью работ является определение баланса массы ледника на восточном Памире, в бассейне озера Каракуль с 2018-2022 гг. За период 2018/2022 гг. баланс массы ледника Восточный зулмарт (№139) отрицательный, в среднем - 250 мм вод. экв. Наибольшее отрицательное значение баланса массы (-310 мм вод. экв.) пришлось на 2021/22 балансовый год.

Ключевые слова: Баланс массы ледника, горные ледники, Восточный Памир, бассейн озера Каракуль.

Восточный Памир является уникальной площадкой для измерения баланса массы ледников из-за морфологических, метрологических и других свойств обусловленных тем что равнины находятся на высоте около 4000 м. н.у.м а горные хребты возвышаются над восточным Памиром более чем на 6000 м. Климатические условия данной местности являются сурово холодной, и вместе с тем выпадает очень мало атмосферных осадков. Несмотря на это в данной области имеется 432 ледника больше 0.1 км² с общей площадью 568 км², начиная с малых каровых и заканчивая большими дендритными ледниками, например, как ледник Октябрьский [3].

Баланс массы горных ледников является хорошим индикатором изменения климата за последние несколько столетий [12,9]. По утверждению множества ученых, за последние годы, наблюдается сокращение площади

ледников на всех континентах, в особенности ледников малых размеров. При этом измерение динамики температурного режима поверхности земли свидетельствует о ежегодном его увеличении, особенно за последние десятилетия [2].

Традиционным методом полевых измерений ледников является гляциологический метод, при котором годовые балансы точечной массы получают из реек, вставленных в зоне абляции, и из кернов, взятых с фирны в зоне аккумуляции [11].

Исследования баланса массы ледника «Восточный Зулмарт» прямым гляциологическим методом началось в 2018 году. В этом году был проложен оптимальный маршрут до ледника, а также на самом леднике были установлены 7 абляционных реек. В 2019 году были установлены дополнительно рейки, на высоте 4600 м, дополнительно, была установлена автоматическая метеостанция и автоматическая фотокамера для фиксации движения ледника. Далее, ежегодно происходил сбор данных с реек, установленных в 2018 году и выкопаны шурфы в зоне аккумуляции ледника для определения высоты и плотности сезонного снега до 2022 года. Был получен ряд данных баланса массы за 4 года, который позволил определить состояние данного ледника.

Цель данной статьи заключалась в определении баланса массы ледника на восточном Памире, в бассейне озера Каракуль с 2019-2022 гг.

Место и объект исследования

Озеро Каракуль является одним из крупнейших эндорейских озер Таджикистана, которое расположено в плоской горной котловине, на высоте 3914 м. н. у. м., водосбор бассейна озера Каракуль 4210 км² находящейся в северной части Восточного Памира. Согласно данным метеостанции Каракуль, зимой заморозки достигают до -30, -40°C, а летом температура, часто опускается ниже нуля [5].

Объектом исследования является ледник Восточный Зулмарт который в каталоге ледников СССР бассейна озера Каракуль обозначен как ледник

№139. Ледник Восточный Зулмарт (№139) находится в западной части бассейна оз. Каракуль.

Характеристики ледника: Ледник относится к долинным ледникам, с северной экспозицией, площадь которого составляет 3,651 км², при длине 3,9 км. Ледник относится к ледникам среднего размера в данном бассейне. На южной стороне ледника имеется крутой склон, а по середине есть скальная гряда. Языковая часть ледника находится на высоте 4600 м. а самая высшая точка ледника достигает 5500 м., ледник питает реку Сарыгун которая впадает в реки Акджилга и далее в озеро Каракуль. В бассейне реки Сарыгун также имеется 17 ледников, а ледник Восточный Зулмарт является одним из крупных ледников данного бассейна. [3].

Методика

Исследования данного ледника проводилась прямым гляциологическим методом, который включает в себя полевые работы на леднике и камеральные расчеты полученных данных [8]. На данном леднике с 2018 года были проведены 5 экспедиционных работ. Ежегодно устанавливались новые абляционных реек, а также были выкопаны шурфы в зоне аккумуляции. Полученные данные рассчитывались и далее обрабатывались в программе ArcGIS [6].

Для анализа баланса массы были использованы два метода, профильный метод и метод изолиний. Профильный метод основан на том, что локальные значения баланса массы изменяются только в зависимости от высоты. Баланс массы методом изолиний представляет собой интегрирование по всей площади ледника [7].

$$B_{profile} = \frac{\sum_{i=0}^n \int (z_i) A(z_i)}{A_{glacier}}$$

Профильным методом мы анализируем баланс массы для каждого 100-метрового диапазона высот, каждый из которых имеет свою площадь. Для области абляции мы определяем площади между высотными линиями как

линейную регрессию, подогнанную ко всем ежегодным измерениям. Высота линии равновесия экстраполируется с использованием градиента абляции. В области аккумуляции значения баланса массы не имеют строгой зависимости от высоты, а выражает более сложное распределение [13].

Применяя метод контурных линий, линии равного удельного баланса масс (изолинии) рисуются вручную на основе точечных измерений и экспертных знаний. Таким образом, наблюдатель может принять во внимание баланс поверхностной массы, топографию, характеристики местности, процессы перемещения снега и высоту. Мы используем постоянный интервал с шагом 0,50 м в.э. для изолиний. Линии рисуются вручную по поверхности ледника в ArcGIS, а баланс массы интерполируется между линиями [1, 4]. Затем шаблон интерполяции тщательно проверяется и для каждой отдельной зоны рассчитывается средний баланс массы. Значение баланса массы умножается на площадь каждой зоны, суммируется, а затем делится на общую площадь поверхности ледника для получения среднего удельного баланса массы [10, 14]:

$$B_{contour} = \frac{\sum_{i=1}^n b_i * A_i}{A_{glacier}}$$

Для расчета среднего баланса массы на 100-метровую линию высот зоны массового баланса площади пересекаются с полосами высот.

Результаты

Полученные результаты показывают, что таяние по всей площади в зоне абляции в среднем составляет 1 метр. Наибольший показатель таяния наблюдается на высотах 4600-4700 м. где в среднем составляет 1,5 метра водного эквивалента, на высотах 4800-4900 метров она составляет 0,7 м в.э. а на высоте 5000 метров в среднем ледник тает на 0,2 м в.э.

Данные с рек показывают, что поверхность ледника тает в некоторых зонах линейно, а в некоторых нелинейно, так на графике (Рис. 1) приведены

данные всех рек по годам и динамика поверхности ледника в водном эквиваленте.

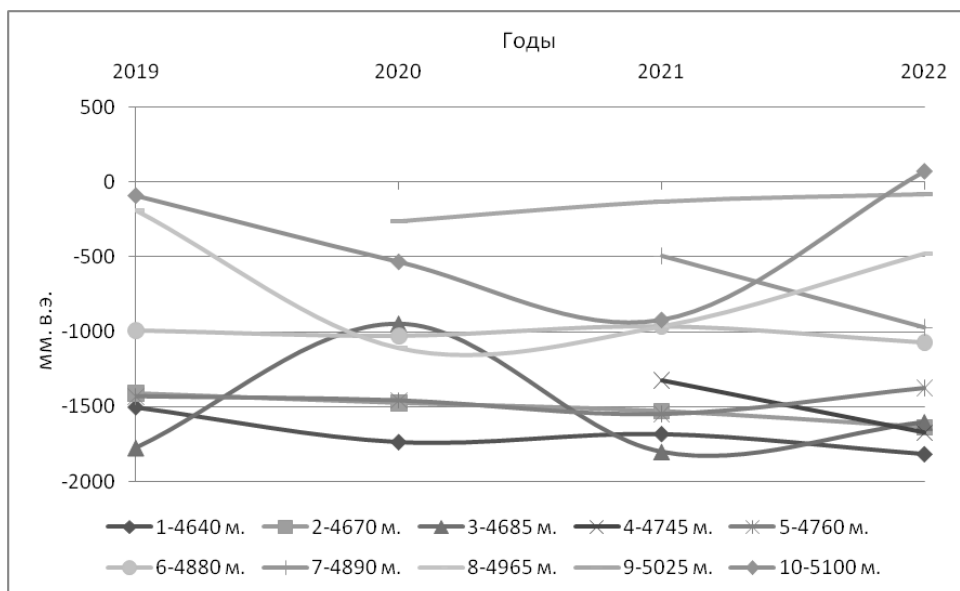


Рис. 1. Динамика ледника в зоне абляции по рейкам за 4 года (каждая линия обозначает рейку). В легенде указаны номера рек и их высотное расположение

Данные с рек были разделены на две группы, области где по рейкам ледник тает линейно (Рис. 2А) и области которые тают нелинейно (Рис. 2Б).

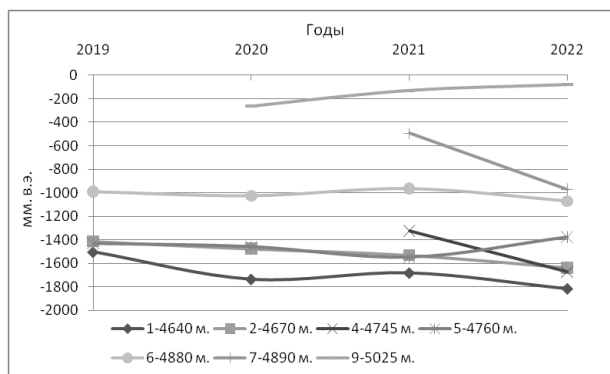


Рис. 2А. Линейная динамика по рейкам (слева)

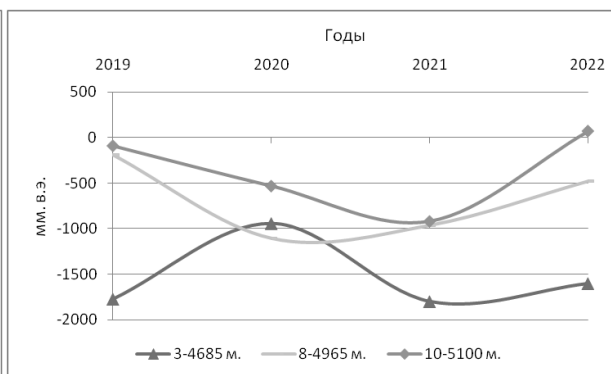


Рис. 2Б. Нелинейная динамика по рейкам (справа)

По вышеуказанным данным и камеральным расчетам по определению баланса массы ледника было определено что, ледник в 2019 году имел баланс **260 мм в.э.** и в последующие годы, то есть 2020, 2021, 2022 соответственно **210, 206, 310**. Ниже представлены графики результатов расчета баланса массы профильным методом и методом изолиний.

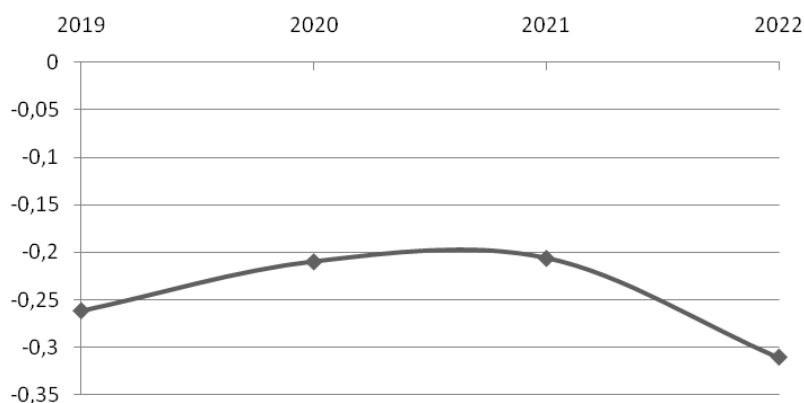


Рис. 3. Баланс массы, полученный методом изолиний

Обсуждение результатов

Рейки, которые на графиках обозначены как 1,2 и 4-9 (рис. 2) имеют относительно незначительные изменения по ежегодным измерениям, то есть в этих областях ежегодно таяние ледника происходит почти одинаково.

Рейки, которые показаны на графике (рис.2Б) как 3,8 и 10 имеют разную динамику, то есть в этих областях ледник каждый год тает нелинейно. Рейки под номерами 8 и 9 имеют такую динамику вероятно в связи с тем, что, они находятся в близости к зоне аккумуляции и в данной области имеется лавинное питание со склонов. Эта область чувствительна к динамике ледника, так как происходит переход фирна и льда с зоны аккумуляции к зоне абляции и здесь на динамику влияет множество факторов, такие как количество осадков в зоне аккумуляции, температура воздуха, влажность, перемерзание, солнечная радиация, количество солнечных дней и другие. Рейка под номером 3 которая находится в нижней части зоны абляции также имеет нелинейную динамику, скорее всего это связано с тем что, данная рейка установлена в близи соединения двух ледяных потоков и движение одного потока влияет на состояние другого и тем самым создаёт разницу динамики ледника в этой области.

Результаты исследования показывают что средний баланс массы ледника за исследуемый период составил 250 мм в.э. За исследуемый период динамика баланса массы менялась незначительно, за исключением последнего года. В последний наблюдаемый год в зоне аккумуляции сезонный снег

полностью растаял и это скорее всего было связано с малыми осадками в зимнее время и аномально жарким летом и поэтому для зоны аккумуляции было присвоено значение 0, такое положение дало баланс массы 310 мм вод. экв. Несмотря на нулевую аккумуляцию баланс массы изменился не столь критично и был в пределах общей тенденции динамики ледника. В целом данные результаты показывают, что ледник Восточный Зулмарт на данный момент находится в состоянии отрицательного баланса массы последние 4 года. Можно предположить что при умеренных метеорологических условиях то есть, если зимние осадки будут больше, а летняя температура не будет критически высокой, то при текущих условиях абляции можно будет увидеть положительный баланс массы на данном леднике.

Получение баланса массы профильным методом позволяет нам определить динамику ледника по высотам. Наиболее устойчивыми по динамике являются высоты с 4900-5100 м. что считается центром данного ледника где не наблюдается разброс динамики по ежегодным данным. Часть ледника ниже высоты 4900 м. , где происходит интенсивное по сравнению с другими частями таяние называется языковой частью, в свою очередь на высоте превосходящей 5100 м. начинается зона аккумуляции ледника, динамика которого сильно зависит от метеорологических условий.

Выводы

Установлено, что за период 2018-2022 гг. баланс массы ледника Восточный Зулмарт (№139) отрицательный, в среднем - 250 мм вод. экв. Наибольшее отрицательное значение баланса массы (-310 мм вод. экв.) пришлось на 2021/22 балансовый год, что в основном связано с высокой температурой воздуха в летний период 2022 г.

Ежегодный баланс составил на 2018-2019 260 мм в.э., 2019-2020 210 мм в.э., 2020-2021 206 мм в.э. и 2021-2022 310. Фронт ледника отступил на 40 м, площадь уменьшилась на 0,08 км².

Литература

1. Долгова Е.А., Мацковский В.В., Соломина О.Н., Рототаева О.В., Носенко Г.А., Хмелевской И.Ф. Реконструкция баланса массы ледника Гарабаши (1800–2005 гг.) по дендрохронологическим данным.
2. Каюмов А. Махмадалиев Б., Новиков В. Третье национальное сообщение Республики Таджикистан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Душанбе, 2014. – 167 С.
3. Каталог ледников СССР. Т. 14. Вып. 3. Ч. 17–18. Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 37 С.
4. Рототаева О.В., Носенко Г.А., Керимов А.М., Кутузов С.С., Лаврентьев И.И., Никитин С.А., Керимов А.А., Тарасова Л.Н. Изменения баланса массы ледника Гарабаши (Эльбрус) на рубеже XX–XXI вв.
5. Сайт rp5.ru. Климатические данные. Дата обращения 05.10.2022.
https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Каракуле_Таджикистан
6. Чернов Р.А., Кудиков А.В., Вшивцева Т.В., Осокин Н.И. Оценка поверхностной абляции и баланса массы ледника Восточный Грэнфьорд (Западный Шпицберген).
7. Эрменбаев Б., Маматканов Д. Сатылканов Р., Поповнин В.В. Изменение подходов к расчету баланса масс ледников внутреннего Тянь-Шаня.
8. Jackson M., Tenzin S., & Tashi T. (2014). Glacier Mass Balance measurements in Bhutan. 16(c), 16069.
9. Haeberli W. Glacier fluctuations and climate change detection //Geogr. Fis. Dinam. Quat. – 1995. – Т. 18. – С. 191-199.
10. Kenzhebaev, R., Barandun, M., Kronenberg, M., YaningChen, Usubaliev, R., Hoelzle, M. (2017). Mass balance observations and reconstruction for Batysh Sook Glacier, Tien Shan, from 2004 to 2016. Cold Regions Science and Technology, 135, 76-89.
11. Kronenberg, M. (2016). From point measurements to glacier wide mass balance. Дата обращения 10.04.2020.

12. Oerlemans, J. and J.P.F. Fortuin. 1992. Sensitivity of glaciers and small ice caps to greenhouse warming. *Science*, 258(5079), 115–117.

13. Ruslan Kenzhebaev, Martina Barandun, Marlene Kronenberg, Yaning Chen, Ryskul Usabaliev, Martin Hoelzle Mass balance observations and reconstruction for Batysh Sook Glacier, Tien Shan, from 2004 to 2016.

14. Thibert E., Blanc R., Vincent C., Eckert N. Glaciological and volumetric mass-balance measurements: error analysis over 51 years for Glacier de Sarennes, French Alps 2008.

А.Қ.ҚАЙУМОВ, Х.Қ.КАБУТОВ

ОМУҶИШИ ПИРЯХИ ЗУЛМАРТИ ШАРҚИ (№139) БО УСУЛИ ГЛЯТСИОЛОГӢ

Муассисаи давлатии илмии “Маркази омӯзиши пиряхҳои Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон”

Дар мақола натиҷаҳои тавозуни ҳаҷми пирях бо истифода аз усули глятсиологӣ дар асоси маълумотҳои аккумулясионӣ ва аблатсия, инчунин экстраполяцияи минтақавӣ барои муайян кардани тавозуни умумии пирях оварда шудааст. Мақсади кор муайян кардани тавозуни оммавии пиряхҳо дар Помири шарқӣ, дар ҳавзаи кӯли Қарокӯл дар солҳои 2018-2022 мебошад. Дар давраи 2018/2022 тавозуни массаи пиряхи Зулмарти Шарқӣ (№ 139) манфӣ буда, ба ҳисоби миёна — 250 мм об. баробар. Бузургтарин арзиши манфӣи тавозуни масса (эквиваленти об -310 мм) ба соли тавозуни 2021/22 рост омад.

Калидвожаҳо: Тавозуни ҳаҷми пиряхҳо, пиряхҳои кӯҳӣ, Помири Шарқӣ, ҳавзаи кули Қарокӯл.

A.K.KAYUMOV, H.K. KABUTOV

STUDY OF THE EAST ZULMART GLACIER (№139) USING GLACIOLOGICAL METHOD

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

The article presents the results of measuring the mass balance of the glacier using a glaciological method based on accumulation and ablation data, as well as area extrapolation, to determine the overall balance of the glacier. The purpose of the work is to determine the mass balance of the glacier in the eastern Pamirs, in the Karakul Lake basin from 2018-2022. For the period 2018/2022 the mass balance of the East Zulmart glacier (No. 139) is negative, on average - 250 mm of water. equiv. The largest negative value of the mass balance (-310 mm water equivalent) fell on the 2021/22 balance year.

Key words: Glacier mass balance, mountain glaciers, Eastern Pamir, Karakul lake basin.

«КРИОСФЕРА»

Ороишгар: Х. Д. Наврузшоев

Мусахҳеҳ: Н. О. Бахтибекова