

*For these basins, digital maps were created and their morphometric indices were computed using ArcGIS.*

**Keywords:** *river, stream, River basin, basin area, average elevation, glacier, stream length, morphometry, geographic information systems.*

## REFERENCES

Katalog lednikov SSSR [Catalog of glaciers from the USSR]. –Т. 14. – Vip. 1. – Ch. 1. – L.: Gidrometeoizdat, 1968. – 49 s. (in Russian)

*Kudishkin T.V., Tarasov Yu.A., Yakovlev A.V.* Izmenenie oledeneniya rechnix basseynov s preobladaniem malix lednikov vo vtoroy polovine XX – nachale XXI veka [Changes in the glaciation of the river basins with a predominance of small glaciers in the second part of XX century and in the beginning of XXI century] // *Voprosi geografii i geoekologii.* Almati, 2014. – Vip. 4. – С.45–54. (in Russian)

*Ni A., Petrov M.A., Tixanovskaya A.A., Tomashevskaya I.G.* Gornoe oledenenie, klimat, stok [Mountain glaciation, climate, runoff]. –Tashkent: NUUZ, 2006. –206s. (in Russian)

*Suvonqulov S.S., Turgunov D.M.* Global iqlim o'zgarishining Ozbekiston tog muzliklari va ularning erishi hisobiga shakllangan daryolar oqimiga tasiri (Barqroq muzliklar guruhi misolida) [Influence of global climate change on glaciers of Uzbekistan and glacier fed-up rivers's runoff (on the example of glaciers of the Barkrak group)] // *Ozbekiston Geografiya jamiyati axboroti.* 57 – jild. – Toshkent, –2020, – B. 269–275. (in Uzbek)

*Umirzakov G.U., Suvankulov S.S., Mamirov X.A., Akbarov F.N., Petrov M.A.* Viyavlenie izmeneniy rejima malix gornix vodotokov lednikovogo pitaniya (na primere reki Barkraksay) [Monitoring of changes in the regime of small mountain streams with glacial feeding (on the example of glaciers of the Oygaing river basin)] // *Geografiya i vodnie resursi – Almati,* –2023, – S. 3–11. (in Russian)

*Shuls V.L., Mashrapov R.* Orta Osiyo gidrografiyasi [Hydrography of Central Asia]. Toshkent: Oqituvchi, 1969. – 328 b. (in Uzbek)

УДК: 631.587(575.1)

## ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ОРОСИТЕЛЬНЫХ ВОДОТОКОВ РЕСПУБЛИКИ КАРАКАЛПАКСТАН В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Э.И. ЧЕМБАРISOV<sup>1\*</sup>, А.И. БАЛЛИЕВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем,  
echembar@mail.ru, ajok90@mail.ru

**Аннотация.** В связи с неблагоприятной гидроэкологической обстановкой в Южном Приаралье наблюдения за загрязненностью воды в водных объектах данного региона имеют как научную, так и практическую ценность, это касается не только качества воды р. Амударья, но и воды оросительных каналов. В связи с этим в данной статье рассмотрена загрязненность наиболее крупных водотоков вышеназванной территории по данным республиканского комитета по экологии и охране окружающей среды за 2015-2023 гг.

В статье также приведены современные сведения некоторых метеорологических характеристик метеорологических станций Тахиаташ, Тахтакупир, Нукус и Кунград за 2010-2020 гг., находящихся в различных районах Республики Каракалпакстан.

**Ключевые слова:** водотоки Южного Приаралья, загрязняющие ингредиенты, минерализация, температура воздуха, осадки.

\* Ответственный автор: echembar@mail.ru, тел:+998 90 904-52-51

**Введение.** В настоящее время климатические изменения оказывают негативное воздействие на социально-экономическое развитие различных регионов, в том числе и Узбекистана, причем наиболее остро это ощущает на себе Республика Каракалпакстан. Рост числа экстремальных погодных явлений в республике сопровождается не только потеплением температуры, пыльными бурями, но по мнению специалистов это связано с глобальным изменением климата, при этом наблюдается некоторое изменение качества поверхностных водных ресурсов.

В связи с неблагоприятной гидроэкологической обстановкой в Южном Приаралье наблюдения за загрязненностью воды в водных объектах данного региона имеют как научную, так и практическую ценность. В данной статье приведен анализ многолетнего изменения качества воды в р. Амударья ниже гидроузла г. Тахиаташ, в канале Дустлик выше и ниже г. Нукус, канале Суенли выше и ниже г. Хожейли, канале Кегейли выше и ниже г. Чимбай за 2015-2023 гг.

Гидрохимическое состояние р. Амударья и крупных оросительных каналов за 1947-1965 гг. было проанализировано по сведениям, приведенным в [Рогов и др., 1968]. В этот период амплитуда изменений минерализации р. Амударья в створе Чатлы была сравнительно невелика - от 297 мг/л (сентябрь 1947 г.) до 920 мг/л (март 1965 г.), средняя многолетняя величина минерализации амударьинской воды составила 466,7 мг/л. Химический состав воды был, в основном, сульфатно-гидрокарбонатно-магниево-кальциевым (СГ-МК), иногда гидрокарбонатно-сульфатно-натриево-магниево-кальциевым (ГС-НМК).

В 1984 г. Э.И. Чембарисов и Б.А. Бахритдинов в своей монографии подробно рассмотрели особенности влияния орошения на минерализацию речных вод в бассейне р. Амударья. По их расчетам величина минерализации речной воды у створа Саманбай(Чатлы) в 1975-1979 гг. изменялась от 0,56 г/л до 1,35 г/л, а химический состав от гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатно-магниево-кальциево-натриевого (ГХС-МКН) до сульфатно-хлоридно-магниево-кальциево-натриевого (СХ-МКН) [Чембарисов, Бахритдинов, 1984].

Ф.Э. Рубинова, рассматривая влияние водных мелиораций на сток и гидрохимический режим бассейна Аральского моря, отметила также заметные изменения величины минерализации воды р. Амударья по длине реки [Рубинова, 1987].

Ф.Э. Рубинова вместе с Ю.Н. Ивановым рассмотрели качество воды рек бассейна Аральского моря и его изменение под влиянием хозяйственной деятельности, отмечая тот факт, что на изменение величины минерализации речной вод по длине рек значительное влияние оказывает орошаемое земледелие [Рубинова, Иванов, 2005].

В.Е. Чуб, рассматривая изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Узбекистана, также отмечает, что оно может влиять и на качество природных вод [Чуб, 2007].

Б.Е. Аденбаев значительную часть своей научной деятельности посвятил изучению гидрологического и гидрохимического режимов водных объектов низовьев р. Амударья [Аденбаев, 2020].

В 2020 г. Э.И. Чембарисов и Р.Т. Хожамуратова оценивая комплексное влияние мелиорации на гидроэкологическое состояние водных ресурсов Республики Каракалпакстан, приводят сведения о минерализации и химическом составе р. Амударья за 2017-2018 гг. Согласно их данным, величина минерализации речной воды у створа Саманбай в среднем колебалась от 987 мг/л до 1107 мг/л, в химическом составе также преобладали ионы хлоридов, сульфатов, магния и натрия [Чембарисов, Хожамуратова, 2020].

Б.Э. Нишоновым создана электронная база данных по гидрохимическим показателям качества воды в среде MSAccess и на основании этой базы данных проведена сравнительная оценка качества вод рек Узбекистан, а также составлены тематические карты гидрохимического состояния рек с использованием ГИС-технологий, включая реку Амударья [Нишонов, 2023].

Несмотря на отмеченные публикации, в них мало внимания уделялось освещению загрязненности как реки Амударья, так и оросительных каналов. В определенной степени описанию названной проблемы посвящена данная статья.

**Целью** данного исследования является оценка современного состояния загрязнения отдельных водотоков Республики Каракалпакстан в условиях изменения климата, с учетом анализа данных метеостанций. **Объектом** исследования являются река Амударья, каналы Дуслик, Суенли, Кегейли, метеорологические станции Тахтакупыр, Тахиаташ, Кунград, Нукус. **Предметом** исследования являются выявление количества загрязняющих ингредиентов в перечисленных водотоках и степень их превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) в условиях изменения климата.

**Исходные данные.** В исследовании использованы данные по загрязнению оросительных вод Государственного комитета по экологии и охране окружающей среды Республики Каракалпакстан, частично данные Агентства гидрометеорологической службы Республики Узбекистан [Ежегодник ..., 2022].

**Методы исследования.** В статье применены методы географического анализа, гидрохимического обобщения, математической статистики.

**Основные результаты и обсуждение.** Анализ современного состояния загрязненности оросительных вод проведен по р.Амударья и основным каналам по данным республиканского государственного комитета по экологии и охране окружающей среды, приведенным в табл. 1.

*Таблица 1*

**Изменение загрязненности оросительных водотоков Южного Приаралья в период 2015-2023 гг.**

*1-жадвал*

**Жанубий Оролбўйида 2015-2023 йилларда суғориш сув оқимлари ифлосланишининг ўзгариши**

*Table 1*

**Changes in the pollution of irrigation streams of the Southern Aral Sea region in period 2015-2023**

Годы	Жесткость, мг-экв/л	Показатели и ингредиенты, мг/л							Минерализация, мг/л
		ХПК	БПК <sub>5</sub>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Fe <sup>3+</sup>	
р.Амударья ниже гидроузла г. Тахиаташ									
ПДК	7-10	15	3,0	0,5	0,08	300	100	0,5	1000
2015	8,6	26,7	2,7	0,1	0,14	200	77	0,04	1129
2016	7,3	11,3	2,4	0,2	0,04	204	59	0,08	987
2017	7,7	3,4	2,9	0,2	0,03	166	45	0,02	883
2018	5,4	10,5	2,8	0,2	0,05	61	89	0,17	839
2019	6,9	7,3	5,2	0,2	0,04	161	84	0,03	693
2020	9,2	14,8	6,8	0,4	0,06	297	126	0,04	1442
2021	9,2	12	4,0	0,6	0,07	279	143	0,03	1428
2022	8,2	20,3	3,7	0,5	0,06	309	176	0,05	1397
2023	5,9	31,7	2,5	0,5	0,08	238	81	0,03	1125
Канал Дуслик, выше г. Нукус									
ПДК	7-10	15	3,0	0,5	0,08	300	100	0,5	1000
2015	8,4	25,9	2,7	0,1	0,10	184	71	0,05	1062

Годы	Жесткость, мг-экв/л	Показатели и ингредиенты, мг/л							Минерализация, мг/л
		ХПК	БПК <sub>5</sub>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Fe <sup>3+</sup>	
2016	7,2	12,0	2,6	0,2	0,05	193	55	0,07	1002
2017	8,0	3,1	2,5	0,3	0,04	174	37	0,05	997
2018	5,6	9,3	2,9	0,2	0,62	69	82	0,12	812
2019	6,9	6,8	5,1	0,2	0,38	173	83	0,04	725
2020	9,4	14,7	6,4	0,4	0,62	313	121	0,05	1495
2021	9,0	12,0	3,9	0,6	0,07	291	141	0,04	1198
2022	9,4	16,1	3,9	0,6	0,07	305	168	0,08	1343
2023	6,1	12,4	3,5	0,7	0,06	260	96	0,03	1125
Канал Дуслик, ниже г. Нукус									
ПДК	7-10	15	3,0	0,5	0,08	300	100	0,5	1000
2015	8,9	23,8	2,6	0,2	0,07	188	67	0,04	1097
2016	7,4	10,7	2,6	0,2	0,04	190	50	0,07	974
2017	7,8	3,0	2,4	0,2	0,05	178	37	0,03	934
2018	5,7	7,6	2,5	0,2	0,06	77	91	0,14	861
2019	6,5	8,6	5,0	0,2	0,04	187	86	0,03	712
2020	9,5	15,7	5,8	0,4	0,06	318	123	0,04	1368
2021	9,0	12,0	3,9	0,6	0,07	291	141	0,04	1198
2022	8,5	17,0	3,8	0,6	0,06	309	175	0,05	1373
2023	6,1	11,4	2,9	0,8	0,05	229	72	0,02	1112
Канал Суенли, выше г.Хожейли									
ПДК	7-10	15	3,0	0,5	0,08	300	100	0,5	1000
2015	8,6	24,1	2,5	0,10	0,04	196	60	0,03	1026
2016	7,4	12,9	2,6	0,03	0,06	202	49	0,07	1029
2017	8,7	3,2	2,6	0,23	0,03	177	39	0,06	1018
2018	5,9	8,0	2,3	0,23	0,06	74	95	0,12	870
2019	6,9	6,3	6,3	0,45	0,06	148	85	0,03	841
2020	9,7	17,4	6,8	0,46	0,07	312	122	0,04	1749
2021	9,0	12,3	3,5	0,49	0,07	293	158	0,04	1299
2022	8,4	23,1	4,4	0,50	0,06	405	180	0,05	1531
2023	6,0	34,7	4,0	1,30	0,07	279	149	0,04	1360
Канал Суенли, ниже г.Хожейли									
ПДК	7-10	15	3,0	0,5	0,08	300	100	0,5	1000
2015	8,9	21,7	2,5	0,20	0,04	194	57	0,04	1111
2016	7,5	12,0	2,6	0,21	0,05	198	50	0,10	975
2017	8,6	3,3	2,5	0,20	0,03	176	36	0,03	949
2018	6,1	8,5	2,4	0,24	0,06	82	94	0,13	889
2019	6,8	8,2	5,9	0,25	0,06	181	87	0,02	824
2020	9,8	17,3	6,6	0,48	0,06	252	125	0,04	1545
2021	9,1	10,7	4,8	0,54	0,07	298	150	0,04	1383
2022	8,2	21,7	4,3	0,61	0,06	400	180	0,04	1354
2023	6,3	41,7	3,7	1,05	0,05	199	139	0,04	1150
Канал Кегейли, выше г. Чимбай									
ПДК	7-10	15	3,0	0,5	0,08	300	100	0,5	1000
2015	7,9	24,6	2,9	0,10	0,04	182	58	0,04	1056
2016	7,3	12,3	2,7	0,22	0,05	186	49	0,10	949
2017	8,4	4,4	3,0	0,17	0,75	175	49	0,02	967
2018	6,2	7,6	2,9	0,23	0,06	80	91	0,12	833
2019	6,9	7,8	5,5	0,20	0,04	180	86	0,04	753
2020	9,2	15,3	5,7	0,46	0,06	515	125	0,03	1455
2021	8,8	12,5	3,8	0,49	0,06	279	167	0,03	1268

Годы	Жесткость, мг-экв/л	Показатели и ингредиенты, мг/л							Минерализация, мг/л
		ХПК	БПК <sub>5</sub>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Fe <sup>3+</sup>	
2022	7,1	14,3	4,2	0,50	0,07	379	141	0,04	1186
2023	6,0	31,0	5,1	0,80	0,06	306	142	0,04	1210
Канал Кегейли, ниже г. Чимбай									
ПДК	7-10	15	3,0	0,5	0,08	300	100	0,5	1000
2015	8,0	27,0	2,9	0,10	0,04	180	53	0,06	996
2016	7,3	12,1	2,4	0,30	0,05	185	46	0,10	894
2017	8,5	4,3	2,7	0,22	0,06	172	47	0,05	962
2018	6,3	7,2	2,8	0,23	0,06	86	91	0,12	878
2019	7,0	9,0	5,8	0,20	0,04	175	80	0,03	706
2020	9,4	16,2	5,5	0,45	0,08	320	127	0,04	1481
2021	8,8	14,0	4,0	0,52	0,07	285	169	0,04	1203
2022	6,2	14,1	3,4	0,40	0,07	318	143	0,03	1176
2023	4,5	25,7	3,4	0,47	0,06	251	126	0,02	1211

За прошедшие годы в пункте отбора пробы в р.Амударья ниже гидроузла г. Тахиаташ среднегодовые значения жесткости воды изменялись от 5,4 мг-экв/л (2018 г.) до 9,2 мг-экв/л (2020, 2021 гг.), величина химического потребления кислорода (ХПК) изменилась от 3,4 мг/л (2017 г.) до 31,7 мг/л (2023 г.), т.е. превысило ПДК в 2,1 раза; величина биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК<sub>5</sub>) изменилась от 2,5 мг/л (2023 г.) до 6,8 мг/л (2020 г.), т.е. превысило ПДК в 2,26 раза.

Концентрация ионов аммония (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) изменялась от 0,10 мг/л (2015 г.) до 0,58 мг/л (2021 г.) и превысило ПДК в 1,16 раз; концентрация ионов нитрита изменялась от 0,04 мг/л (2016 г.) до 0,14 мг/л (2015 г.) превысило ПДК в 1,75 раз; содержание хлоридов (Cl<sup>-</sup>) изменялось от 60,5 мг/л (2018 г.) до 309 мг/л (2022 г.), и превысило ПДК в 1,03 раза; содержание сульфатов (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) изменилось от 59,2 мг/л (2016 г.) до 176 мг/л (2022 г.), и превысило ПДК в 1,76 раз; содержание железа (Fe<sup>3+</sup>) изменялось от 0,03 мг/л (2023 г.) до 0,17 г/л (2018 г.), превышение ПДК содержания железа в эти годы не наблюдалось. Величина минерализации изменялась от 693 мг/л (2019 г.) до 1442 мг/л (2020 г.), т.е. в 2020 году превысила ПДК в 1,44 раза.

В воде канала Дуслик выше г.Нукуса среднегодовые значения жесткости изменялись от 5,6 мг-экв/л (2018 г.) до 9,4 мг-экв/л (2020 г.) величина ХПК изменялась от 3,1 мг/л (2017 г.) до 25,9 мг/л (2015 г.) т.е. она превысило ПДК в 1,73 раза; величина БПК<sub>5</sub> изменялась от 2,5 мг/л (2017 г.) до 6,4 мг/л (2020 г.) и превысило ПДК в 2,13 раза.

Концентрация ионов аммония (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) изменялась от 0,10 мг/л (2015 г.) до 0,74 мг/л (2023 г.), когда его содержание превысило ПДК в 1,48 раз; ионы нитрита изменялись от 0,038 мг/л (2019 г.) до 0,10 мг/л (2015 г.), когда его содержание превысило ПДК в 1,25 раз; содержание хлоридов (Cl<sup>-</sup>) изменялось от 69,4 мг/л (2018 г.) до 313 мг/л (2020 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,04 раза; содержание сульфатов (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) изменялось от 37,2 мг/л (2017 г.) до 168 мг/л (2022 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,68 раз; содержание железа (Fe<sup>3+</sup>) изменялось от 0,0028 мг/л (2018 г.) до 0,12 г/л (2018 г.), превышение ПДК содержания железа в эти годы не наблюдалось.

Величина минерализации изменялась от 725 мг/л (2019 г.) до 1495 мг/л (2020 г.), когда ее величина превысила ПДК в 1,49 раза.

В воде канала Дуслик ниже г.Нукус среднегодовые значения жесткости изменялись от 5,7 мг-экв/л (2018 г.) до 9,5 мг-экв/л (2020 г.), величина ХПК изменялась от 3,0 мг/л (2017 г.) до 23,8 мг/л (2015 г.), т.е. превысило ПДК в 1,59 раза; БПК<sub>5</sub> изменялась от 2,4 мг/л (2017 г.) до 5,8 мг/л (2020 г.), т.е. превысило ПДК в 1,93 раза.

Концентрация ионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) изменялись от 0,17 мг/л (2015 г.) до 0,80 мг/л (2023 г.), когда её содержание превысило ПДК в 1,60 раз; ионы нитрита  $\text{NO}_2^-$  изменялись от 0,004 мг/л (2016 г.) до 0,07 мг/л (2021 г.), когда его содержание превысило ПДК не наблюдалось; содержание хлоридов ( $\text{Cl}^-$ ) изменялось от 77,22 мг/л (2018 г.) до 318 мг/л (2020 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,06 раза; содержание сульфатов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) изменялось от 49,6 мг/л (2016 г.) до 141 мг/л (2021 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,4 раз; содержание железа ( $\text{Fe}^{3+}$ ) изменялось от 0,03 мг/л (2019 г.) до 0,14 г/л (2018 г.), превышение ПДК в эти годы не наблюдалось. Величина минерализации изменялась от 712 мг/л (2019 г.) до 1373 мг/л (2022 г.), когда ее величина превысила ПДК в 1,37 раза.

В воде канала Суенли выше г.Хожейли среднегодовые значения жесткости изменялись от 5,9 мг-экв/л (2018 г.) до 9,7 мг-экв/л (2020 г.), величина ХПК изменялась от 3,2 мг/л (2017 г.) до 34,7 мг/л (2023 г.), т.е. его содержание превысило ПДК в 2,31 раза; величина БПК<sub>5</sub> изменялась от 2,5 мг/л (2015 г.) до 6,8 мг/л (2020 г.), т.е. его содержание превысило ПДК в 2,127 раза.

Концентрация ионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) изменялась от 0,1 мг/л (2015 г.) до 1,30 мг/л (2023 г.), когда его содержание превысило ПДК в 12,6 раз; ионы нитрита ( $\text{NO}_2^-$ ) изменялись от 0,03 мг/л (2017 г.) до 0,71 мг/л (2021 г.), когда его содержание превысило ПДК в 1,42 раза; содержание хлоридов ( $\text{Cl}^-$ ) изменялось от 73,64 мг/л (2018 г.) до 405 мг/л (2022 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,35 раза; содержание сульфатов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) изменялось от 38,57 мг/л (2018 г.) до 180 мг/л (2022 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,8 раз; содержание железа ( $\text{Fe}^{3+}$ ) изменялось от 0,025 мг/л (2019 г.) до 0,12 г/л (2018 г.), превышение ПДК содержания железа в эти годы не наблюдалось. Величина минерализации изменялась от 841 мг/л (2019 г.) до 1749 мг/л (2020 г.), когда ее величина превысила ПДК в 1,74 раза.

В воде канала Суенли ниже г.Хожейли среднегодовые значения жесткости изменялись от 6,1 мг-экв/л (2018 г.) до 9,8 мг-экв/л (2020 г.), величина ХПК изменялась от 3,3 мг/л (2017 г.) до 41,7 мг/л (2023 г.), т.е. его содержание превысило ПДК в 2,78 раза; величина биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК<sub>5</sub>) изменялась от 2,4 мг/л (2018 г.) до 6,6 мг/л (2020 г.), т.е. его содержание превысило ПДК в 2,2 раза.

Концентрация ионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) изменялась от 0,2 мг/л (2015 г.) до 1,05 мг/л (2023 г.), когда его содержание превысило ПДК в 2,10 раз; ионы нитрита ( $\text{NO}_2^-$ ) изменялись от 0,03 мг/л (2017 г.) до 0,064 мг/л (2018 г.), когда превышение ПДК не наблюдалось; содержание хлоридов ( $\text{Cl}^-$ ) изменялось от 81,98 мг/л (2018 г.) до 400 мг/л (2022 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,33 раза; содержание сульфатов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) изменилось от 35,76 мг/л (2017 г.) до 180 мг/л (2022 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,8 раз; содержание железа ( $\text{Fe}^{3+}$ ) изменялось от 0,034 мг/л (2017 г.) до 0,13 г/л (2018 г.), превышение ПДК в эти годы не наблюдалось. Величина минерализации изменялась от 824 мг/л (2019 г.) до 1383 мг/л (2021 г.), когда её величина превысила ПДК в 1,38 раза.

В воде канала Кегейли выше г. Чимбай среднегодовые значения жесткости изменялись от 6,0 мг-экв/л (2023 г.) до 9,2 мг-экв/л (2020 г.), ХПК изменялась от 4,4 мг/л (2017 г.) до 31,0 мг/л (2023 г.) т.е. его содержание превысило ПДК в 2,07 раза; величина (БПК<sub>5</sub>) изменялась от 2,7 мг/л (2016 г.) до 5,7 мг/л (2020 г.), т.е. превысило ПДК в 1,9 раза.

Концентрация ионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) изменялись от 0,10 мг/л (2015 г.) до 0,80 мг/л (2023 г.), когда его содержание превысило ПДК в 1,6 раз; ионы нитрита ( $\text{NO}_2^-$ ) изменялись от 0,037 мг/л (2019 г.) до 0,075 мг/л (2017 г.), т.е. превышение ПДК нитрата не наблюдалось; содержание хлоридов ( $\text{Cl}^-$ ) изменялось от 79,5 мг/л (2018 г.) до 379 мг/л (2022 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,26 раза; содержание сульфатов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) изменялось от 48,8 мг/л (2016 г.) до 167 мг/л (2021 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,67 раз; содержание железа ( $\text{Fe}^{3+}$ ) изменялось от 0,034 мг/л (2021 г.) до 0,12 г/л (2018 г.),

превышение ПДК содержания железа в эти годы не наблюдалось. Величина минерализации изменялась от 753 мг/л (2019 г.) до 1455 мг/л (2020 г.), когда ее величина превысила ПДК в 1,46 раза.

В воде канала Кегейли ниже г. Чимбай среднегодовые значения жесткости изменялись от 4,5 мг-экв/л (2023 г.) до 8,8 мг-экв/л (2021 г.) величина ХПК изменялась от 4,3 мг/л (2017 г.) до 27,0 мг/л (2015 г.), т.е. его содержание превысило ПДК в 1,8 раза; величина БПК<sub>5</sub> изменилось от 2,4 мг/л (2016 г.) до 5,8 мг/л (2019 г.), т.е. его содержание превысило ПДК в 1,93 раза.

Концентрация ионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) изменялась от 0,1 мг/л (2015 г.) до 0,52 мг/л (2021 г.), т.е. содержание превысило ПДК в 1,04 раз; ионы нитрита ( $\text{NO}_2^-$ ) изменялись от 0,04 мг/л (2015, 2019 гг.) до 0,083 мг/л (2020 г.), т.е. его содержание превысило ПДК в 1,04 раза; содержание хлоридов ( $\text{Cl}^-$ ) изменялось от 86,3 мг/л (2018 г.) до 318 мг/л (2022 г.), т.е. когда их содержание превысило ПДК в 1,06 раза; содержание сульфатов ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) изменялось от 46,2 мг/л (2016 г.) до 169 мг/л (2021 г.), когда их величина превысила ПДК в 1,69 раз; содержание железа ( $\text{Fe}^{3+}$ ) изменялось от 0,027 мг/л (2019 г.) до 0,12 г/л (2018 г.), превышение ПДК содержание железа в эти годы не наблюдалось. Величина минерализации изменялась от 878 мг/л (2018 г.) до 1481 мг/л (2020 г.), когда ее величина превысила ПДК в 1,48 раза.

**Оценка метеорологических характеристик.** Анализ динамики метеорологических характеристик был проведен по данным четырех метеорологических станций - Тахиаташ, Тахтакупир, Нукус и Кунград (табл. 2).

При этом оценивалось изменение двух характеристик: среднемесячной температуры воздуха в градусах ( $t, ^\circ\text{C}$ ) и среднемесячного количества осадков в мм (X). Полученные данные были рассмотрены как за отдельные периоды: 2010-2014 гг. и 2015-2020 гг., так и в целом за весь период 2010-2020 гг.

На метеостанции Тахиаташ среднемесячная величина температура воздуха в 2015-2019 гг. по сравнению с периодом 2010-2014 гг. повысилась на  $0,5^\circ\text{C}$ ; на метеостанции Тахтакупир на  $1,1^\circ\text{C}$ , на метеостанции Нукус на  $0,3^\circ\text{C}$ , и только на метеостанции Кунград она понизилась на  $0,4^\circ\text{C}$ .

Таблица 2

**Внутригодовые изменения некоторых метеорологических характеристик на метеостанциях Республики Каракалпакстан за 2010-2020 гг.**

2-жадвал

**2010-2020 йилларда Қорақалпоғистон Республикаси метеорология станцияларида айрим метеорологик кўрсаткичларнинг йил ичидаги ўзгариши**

Table 2

**Intra-annual changes in some meteorological characteristics at weather stations of the Republic of Karakalpakstan for 2010-2020**

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Среднее
Изменение температуры воздуха ( $t, ^\circ\text{C}$ ), метеорологическая станция Тахиаташ													
2010-2014	-3,6	-4,2	6,6	16,5	24,1	28,3	29,0	27,2	20,5	12,6	4,4	-2,6	13,2
2015-2019	-0,5	1,5	8,1	15,4	23,3	23,0	30,7	26,8	20,9	12,0	3,1	-0,3	13,7
2010-2020	-1,2	0,5	8,1	15,8	23,8	26,7	30,0	26,6	20,1	12,1	3,0	-3,0	13,6
Изменение количества осадков (в мм), метеорологическая станция Тахиаташ													
2010-2014	7,6	7,4	20,9	19,1	1,5	0,8	1,15	2	0,9	3,9	13,9	13,4	7,7
2015-2019	6,4	11,5	24,0	12,2	17,4	3,5	1,9	8,6	10,7	14,9	13,4	9,9	11,2
2010-2020	6,0	9,0	16,0	20,6	14,8	1,5	1,0	5,5	3,9	6,3	9,8	7,9	8,5
Изменение температуры почвы на глубине 10 см ( $t, ^\circ\text{C}$ ), метеорологическая станция Тахтакупир													

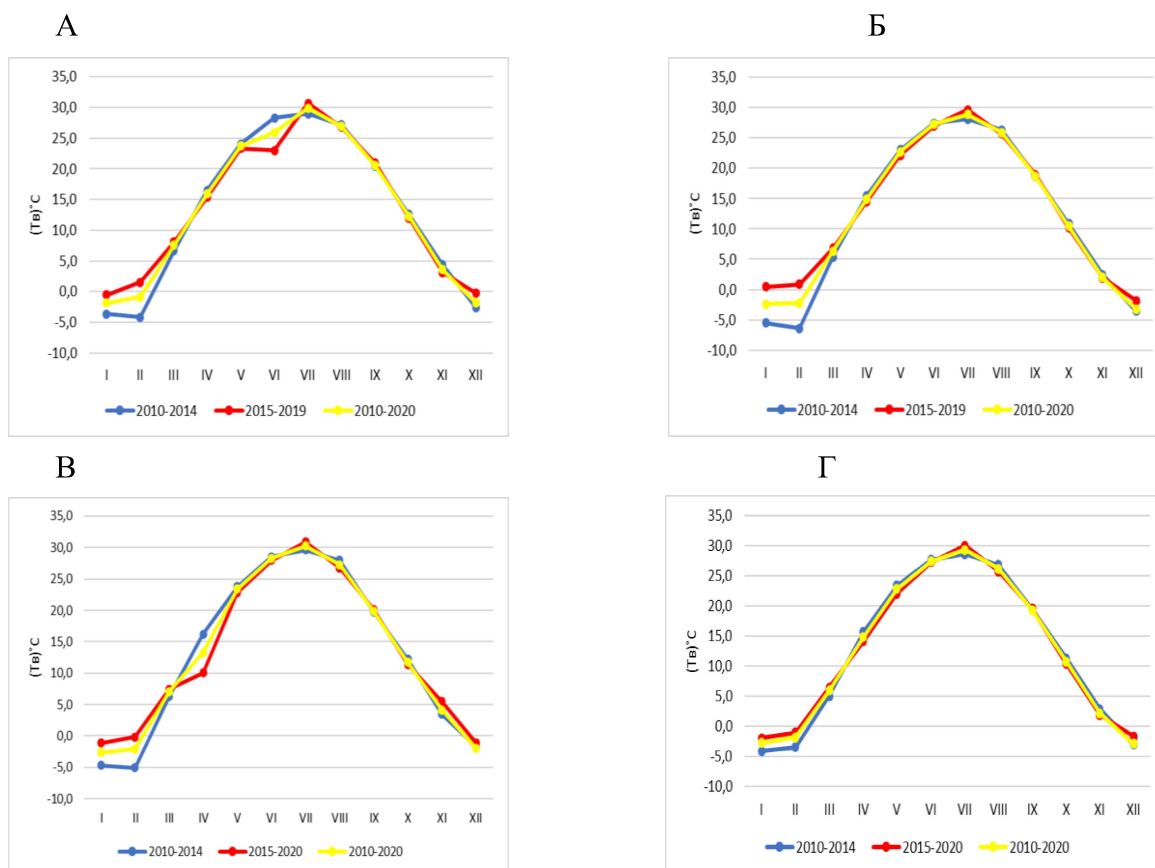
Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Среднее
2010-2014	0,0	0,0	8,7	15,4	23,0	29,0	30,4	29,0	23,3	16,7	0,0	0,0	21,9
2015-2019	0,0	0,0	9,5	15,6	23,8	29,3	32,0	30,0	24,0	16,9	0,0	0,0	22,6
2010-2020	0,0	0,0	9,1	15,7	23,6	29,2	31,2	29,3	23,6	16,7	0,0	0,0	22,3
Изменение количества осадков (в мм), метеорологическая станция Тахтакупир													
2010-2014	11,4	9,7	19,1	19,3	7,1	2,5	10,0	3,1	1,8	4,5	10,2	15,6	9,51
2015-2019	7,7	10,4	19,7	13,8	23,6	6,2	2,9	0,7	8,8	13,5	14,0	15,3	11,4
2010-2020	9,9	9,9	18,2	17,8	13,7	5,3	2,9	2,1	7,5	10,0	12,3	14,1	10,3
Изменение температуры воздуха (t, °C), метеорологическая станция Нукус													
2010-2014	-4,7	-5,1	6,3	16,2	23,8	28,5	29,6	27,9	19,8	12,2	3,5	-1,7	13,0
2015-2019	-1,1	-0,2	7,4	10,0	22,0	28,0	30,9	26,8	20,2	11,4	5,5	-1,9	13,3
2010-2020	-2,0	-0,5	7,6	13,8	23,6	28,4	30,3	26,9	19,6	11,5	3,3	-3,4	13,3
Изменение количества осадков (в мм), метеорологическая станция Нукус													
2010-2014	8,8	5,7	20,6	15,0	2,0	0,4	3,1	2,7	0,5	2,3	9,5	9,5	6,7
2015-2019	6,1	13,5	17,7	18,3	14,8	3,7	2,9	3,8	10,4	14	14,8	10,8	10,9
2010-2020	7,2	9,5	18,1	17,8	9,1	1,7	3,0	3,0	4,4	7,5	11,5	9,5	8,5
Изменение температуры воздуха (t, °C), метеорологическая станция Кунград													
2010-2014	-4,1	-3,5	5,0	15,7	23,4	27,7	28	26,9	19,5	11,3	2,84	-3,06	13,1
2015-2019	-2,0	1,1	6,4	14,1	22,0	27,3	30,0	25,8	19,5	10,4	1,84	-1,8	12,7
2010-2020	-6,2	-0,6	6,4	14,7	23,1	27,3	29,3	25,8	18,8	10,4	1,7	-4,5	12,2
Изменение количества осадков (в мм), метеорологическая станция Кунград													
2010-2014	11,9	11,0	15,8	14,6	2,7	8,3	0,2	6,2	0	4,8	10,7	10,2	8,8
2015-2019	7,4	11,1	17,2	17,2	30,9	6,5	4,7	5,4	5,4	9,9	19,6	12,4	12,3
2010-2020	10,0	12,7	13,5	17,2	14,9	4,9	1,8	3,9	1,8	4,9	10,5	7,5	8,0

На метеостанции Тахиаташ среднемесячная величина осадков в 2015-2019 гг. по сравнению с периодом 2010-2014 гг. повысилась на 3,5 мм; на метеостанции Тахтакупир – на 0,3 мм, на метеостанции Нукус – на 4,2 мм и на метеостанции Кунград- на 3,5 мм.

Отмеченные изменения величин температуры воздуха за три периода: 2010-2014 гг., 2015-2019 гг. и 2010-2020 гг. на указанных метеорологических станциях приведены на рис. 1.

**Заключение.** Согласно данным Узгидромета, помещенных в ежегоднике «Государственный водный кадастр» в последние годы среднее годовое превышение ПДК в р.Амударья имеют сульфаты, медь, фенолы уже у створа Термез, у створа Саманбай ПДК превышают магний, медь, сульфаты, минерализация, а у створа Кызылджар количество ингредиентов, превышающих ПДК увеличивается до пяти: медь, магний, сульфаты, цинк, минерализация. Величина индекса загрязненности воды (ИЗВ) в среднем в створе Саманбай (Нукус) равна 1,22, а в створе Кызылджар – 1,43, т.е. качество воды р.Амударья соответствовало III классу умеренно загрязненных вод (величина ИЗВ от 1,0 до 2,5).

Согласно данным Специальной инспекции аналитического контроля (СИАК) в 2015-2023 гг. среди загрязняющих компонентов в речной воде ниже г. Тахиаташ определялись жесткость, величины ХПК, БПК<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Fe<sup>3+</sup> и сухой остаток (использовали термин минерализация). На основе анализа многолетних данных можно сделать вывод, что вода р.Амударья является жесткой, редко превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) ХПК; БПК<sub>5</sub> также редко превышает ПДК, такая же картина наблюдается с содержанием ионов аммония (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), ионов нитрита (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), хлоридов (Cl<sup>-</sup>), сульфатов (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), содержание железа (Fe<sup>3+</sup>) практически всегда меньше ПДК, величина минерализации превышает ПДК чаще других ингредиентов.



**Рис. 1. Внутригодовые изменения величин температуры воздуха ( $t^{\circ}\text{C}$ ) за три периода: 2010-2014 гг., 2015-2019 гг. и 2010-2020 гг. на метеорологических станциях Тахиаташ (А), Тахтакупир (Б), Нукус (В) и Кунград (Г)**

**Fig. 1. Intra-annual changes in air temperature values ( $t^{\circ}\text{C}$ ) for three periods: 2010-2014, 2015-2019 and 2010-2020 at the meteorological stations Takhiatash (A), Takhtakupir (B), Nukus (C) and Kungrad (D)**

Аналогичная картина динамики содержания перечисленных ингредиентов наблюдается и в воде каналов Дуслик, Суенли и Кегейли, только их содержание несколько увеличивается в нижних створах, расположенных ниже г. Нукус, г.Хожейли и г.Чимбай.

Было также определено, что содержание многих ингредиентов было повышенным в 2021-2023 гг., что по видимому связано с маловодьем этих лет и высокой температурой воздуха.

Анализ изменения среднегодовых величин температуры воздуха на рассмотренных метеостанциях Республики Каракалпакстан за два периода 2010-2014 гг. и 2015-2019 гг. показал, что во втором периоде она несколько увеличилась по сравнению с первым периодом: на  $0,5^{\circ}\text{C}$ - $1,1^{\circ}\text{C}$ , увеличение температуры воздуха отмечается и в месяце с максимальными значениями по анализу данных за июль месяц.

**Вклад авторов: Э.И. Чембарисов:** научное руководство, методология, написание текста. **А.И. Баллиев:** сбор и статистическая обработка данных, табличное представление результатов, оформление статьи. Все авторы прочитали и согласны с подготовленной к публикации версией рукописи.

## ЛИТЕРАТУРА

*Аденбаев Б.Е.* Современный гидрологический режим и водообеспеченности низовьев реки Амударья. Автореферат диссертации доктора географических наук (DSc). – Ташкент: НИГМИ, 2020. – 67 с.

Ежегодник качества поверхностных вод на территории деятельности Узгидромета за 2018-2020 гг. – Ташкент: Узгидромет. 2022.

*Нишионов Б.Э.* Создание тематических карт современного гидрохимического состояния рек Узбекистана / Материалы междунар. научно-практич. конференции «Водные ресурсы аридных регион в условиях изменения климата: проблемы и решения». 20 октября 2023. – Ташкент: НУУ, 2023. – С. 334–337.

*Рогов М.М., Ходкин С.С., Ревина С.К.* Гидрология устьевой области Амударья. – М.: Гидрометиздат, 1968. – 268 с.

*Рубинова Ф.Э.* Влияние водных мелиораций на сток и гидрохимический режим бассейна Аральского моря // Труды САНИГМИ. Гидрометеоздат, 1987. – 216 с.

*Рубинова Ф.Э., Иванов Ю.Н.* Качество воды рек бассейна Аральского моря и его изменение под влиянием хозяйственной деятельности. – Ташкент: НИГМИ, 2005. – 185 с.

*Чембарисов Э.И., Бахритдинов Б.А.* Особенности влияния орошения на минерализацию речных вод бассейна Амударья. – Нукус: «Каракалпакстан», 1984. – 144 с.

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

*Чуб В.Е.* Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. – Ташкент: «VORIS-NASHRIYOT», 2007. – 132 с.

## ИҚЛИМ ЎЗГАРИШИ ШАРОИТИДА ҚОРАҚАЛПОҒИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ИРРИГАЦИЯ СУВ ОҚИМЛАРИНИНГ ИФЛОСЛАНИШИ

**Э.И. ЧЕМБАРИСОВ<sup>1</sup>, А.И. БАЛЛИЕВ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институти, echembar@mail.ru

**Аннотация.** *Жанубий Орол денгизи минтақасидаги ноқулай гидроэкологик вазият туфайли ушбу минтақа сув ҳавзаларида сувнинг ифлосланишини кузатиши ҳам илмий, ҳам амалий аҳамиятга эга, бу нафақат Амударё дарёсининг сув сифати ва сувориши каналлари сувига тааллуқлидир. Ушбу мақолада Республика Экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиши қўмитасининг 2015-2023 йиллардаги маълумотларига кўра юқорида қайд этилган ҳудуднинг энг йирик сув оқимларининг ифлосланиши кўриб чиқилди. Мақолада Қорақалпоғистон Республикасининг турли ҳудудларида жойлашган Тахиатош, Тахтакўпир, Нукус ва Қўнғирот метеорология станцияларининг 2010-2020 йиллардаги айрим метеорологик хусусиятлари ҳақида ҳам долзарб маълумотлар келтирилган.*

**Калит сўзлар:** *Жанубий Оралбўйи, сув оқимлари, ифлослантурувчи моддалар, минерализация, ҳаво ҳарорати, ёгингарчилик.*

**POLLUTION OF IRRIGATION WATERCOURSES OF THE REPUBLIC OF KARAKALPAKSTAN IN THE CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE****E.I. CHEMBARISOV<sup>1</sup>, A.I. BALLIEV<sup>1</sup>**<sup>1</sup> Research Institute of Irrigation and Water Problems

**Abstract.** *Due to the unfavorable hydroecological situation in the Southern Aral Sea region, observations of water pollution in the water bodies of this region have both scientific and practical value, this concerns not only the water quality of the Amu Darya River, but also the water of irrigation channels. In this regard, this article examines the pollution of the largest watercourses of the above-mentioned territory according to the data of the Republican Committee on Ecology and Environmental Protection for 2015-2023.*

*The article also provides up-to-date information on some meteorological characteristics of the weather stations Takhtatash, Takhtakupir, Nukus and Kungrad for 2010-2020, located in various regions of the Republic of Karakalpakstan.*

**Keywords:** *watercourses of the Southern Aral Sea region, polluting ingredients, mineralization, air temperature, precipitation.*

**REFERENCES**

*Adenbaev B.E.* Sovremennyi gidrologicheskii rejim i vodoobespechennosti nizovev reki Amudari». Avtoreferat dissertatsii doktora geograficheskikh nauk (DSc) [Modern hydrological regime and water availability of the lower reaches of the Amu Darya River. Abstract of the dissertation of the Doctor (DSc) in geographical sciences]. – Tashkent: NIGMI, 2020. – 67 s. (in Russian)

Yejegodnik kachestva poverhnostnykh vod na territorii deyatelnosti Uzgidrometa za 2018-2020 gg. [Yearbook of surface water quality in the territory of the activity of Uzhydromet for 2018-2020]. – Tashkent: Uzgidromet, 2022. (in Russian)

*Nishonov B.E.* Sozdanie tematicheskikh kart sovremennogo gidrohimicheskogo sostoyaniya rek Uzbekistana // Materialy mejdunar. nauchno-praktich. konferencii «Vodnye resursy aridnykh region v usloviyah izmeneniya klimata: problemy i resheniya». [Creation of thematic maps of the modern hydrochemical state of the rivers of Uzbekistan // Materials of the International scientific and practical. conference "Water resources of arid regions in the context of climate change: problems and solutions"]. Tashkent: NUU, 2023, – S. 334–337. (in Russian)

*Rogov M.M., Hodkin S.S., Revina S.K.* Gidrologiya ust'evoi oblasti Amudar'i [Hydrology of the estuarine region of the Amu Darya]/M.: Gidrometizdat, 1968. – 268 s. (in Russian)

*Rubnova F.E.* Vliyanie vodny melioraci na stok i gidrohimicheskii rejim basseina Aralskogo morya [Influence of water reclamation on the runoff and hydrochemical regime of the Aral Sea basin] // Trudy SANIGMI, Gidrometeoizdat, 1987. – 216 s. (in Russian)

*Rubnova F.E., Ivanov Yu.N.* Kachestvo vody rek basseina Aralskogo morya i ego izmenenie pod vliyaniem hozyaistvennoi deyatelnosti [The water quality of the rivers of the Aral Sea basin and its change under the influence of economic activity]. – Tashkent: NIGMI, 2005– 185s. (in Russian)

*Chembarisov E.I., B.A. Bahritdinov.* Osobennosti vliyaniya orosheniya na mineralizatsiyu rechnykh vod basseyna Amudari [Features of the influence of irrigation on the mineralization of the river waters of the Amu Darya basin]. – Nukus «Karakalpakstan», 1984. – 144 s. (in Russian)

*Chembarisov E.I., Hojamuratova R.T.* Kompleksnaya osenka vliyaniya melioraci gidroekologicheskoe sostoyanie vodny resursov Respubliki Karakalpakstan i puti ego umensheniya [A comprehensive assessment of the impact of land reclamation on the hydroecological state of water resources of the Republic of Karakalpakstan and ways to reduce it]. – Tashkent: «Navruz», 2020. –156 s. (in Russian)

*Chub V.E.* Izmenenie klimata i ego vliyanie na gidrometeorologicheskie processy, agroklimaticheskie i vodnye resursy Respubliki Uzbekistan [Climate change and its impact on hydrometeorological processes, agro-climatic and water resources of the Republic of Uzbekistan]. –Tashkent: «VORIS-NASHRIYOT», 2007-132s. (in Russian)