



Качество воды озера Искандеркуль и его притоков

Нормахмедова З.О.¹, Митусов А.В.², Курбонов Н.Б.^{3*}

¹ Таджикский национальный университет, Таджикистан, 734042, Душанбе, ул. акад. Раджабовых, 10

² Казахстанско-Немецкий университет, Казахстан, 050010, Алматы, ул. Пушкина, 111

³ Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, Таджикистан, 734042, Душанбе, ул. Айни, 14А

* для корреспонденции: knomvarb.0502@gmail.com

MPNTHI 70.27.17

doi: 10.29258/CAJWR/2020-R1.v6-2/38-47.rus

Подана в редакцию: 2 марта 2020; Подана после редактирования: 15 ноября 2020; Принятие к публикации: 9 декабря 2020; Доступ онлайн: 24 декабря 2020.

Аннотация

В данной статье представлены результаты исследований динамики изменения химического состава воды озера Искандеркуль и впадающих в него рек, а также сравнение результатов качества воды водных объектов бассейна Искандеркуль и некоторых средних притоков реки Зарафшан.

Установлено, что по химическому составу вода озера Искандеркуль и его притоков соответствует требованиям государственного стандарта (ГОСТ 2874-82 «Питьевая вода»). Однако вода озера Искандеркуль по показателям растворенного кислорода, меди, цинка, свинца и железа не удовлетворяет требованиям, предъявляемым для рыбоводства.

Основными причинами загрязнения воды в регионе являются такие природные явления как наводнения, сходы лавин и селей, растворение горных пород.

Ключевые слова: гидрохимия, качество воды, Искандеркуль, водные ресурсы, Зарафшан.

1. Введение

В естественных условиях химический состав вод регулируется природными процессами. Поддерживается равновесие между поступлением химических элементов в воду и выведением их из нее. Промышленные, бытовые, сельскохозяйственные сточные воды, сбрасываемые в водные объекты, вносят большие изменения в их гидрохимический и биологический режим, изменяя качество воды [Унифицированные методы..., 1971]. Поэтому в настоящее время одной из важнейших проблем, связанных с рациональным ведением водного хозяйства, является сохранение требуемого качества воды во всех водоисточниках.

Бассейн р. Зарафшан занимает второе место после Памира по количеству озер [Аброров, 2003]. Общее количество озер Зарафшана достигает 60, и их общая площадь занимает 9,18 км². Всестороннее изучение озер Зарафшана имеет большое социально-экономическое значение [Никитин, 1987; Аброров, Шерматов, 2013]. Система наблюдений за загрязнением поверхностных вод осуществляется в местах, подверженных влиянию хозяйственной деятельности человека, и в районах минимального загрязнения – фоновые наблюдения (территории заповедников, парков, национальных парков). Одним из важнейших рекреационных и туристических объектов в Республике Таджикистан является оз. Искандеркуль. Химический состав речных вод бассейна оз. Искандеркуль определяется, с одной стороны, общностью основных метеорологических условий региона; с другой стороны – различием в геоморфологическом строении, составе слагающих пород, объеме и составе подземной составляющей стока, озерностью и заболоченностью отдельных частей бассейна, интенсивностью биохимических процессов выветривания пород и минерализации органического вещества. Вынос химических веществ в озеро с водой рек можно рассматривать как интегральный показатель природных условий и хозяйственной деятельности на водосборе [Аброров, Шерматов, 2013; Курбонов, Нормамедова, 2017; Курбонов, Норматов, 2018].

Мониторинг качества вод водно-рекреационных объектов, выявление и своевременное устранение источников загрязнения имеют огромное значение для предотвращения факторов, способствующих нарушению естественной динамики развития геоэкологических систем. Ныне, наряду с природоохранными проблемами, актуальной задачей по сохранению озера в натуральном виде является предотвращение его загрязнения химическими элементами и соединениями. Однако к настоящему моменту отсутствуют достоверные данные по гидрохимии вод не только оз. Искандеркуль, но и всей водной артерии бассейна р. Зарафшан [Курбонов, Нормамедова, 2017; Курбонов, Норматов, 2018; Норматов и др., 2016].

Исходя из вышесказанного, целью данной работы было сравнение химического состава водных объектов бассейна оз. Искандеркуль и некоторых средних притоков р. Зарафшан.

2. Место исследований

Объекты в основном расположены в ложбине юго-западной части Заравшанского и на северных склонах Гиссарского хребтов, в долинах рек Магиян, Киштут (Шинг), Пасруд и окрестностях оз. Искандеркуль. Озеро ущелья Шинга имеет сложный химический состав, в нем присутствуют ионы Cl, SO₄, CO₃, HCO₃, Ca, Na, K, Mg, а также водород и водород сульфид [Аброров, 2003; Аброров, Шерматов, 2013; Курбонов, Норматов, 2018].

На рис. 1 показано расположение рассматриваемых водных объектов в бассейне оз. Искандеркуль и бассейне р. Зарафшан.



Рис. 1. Схема расположения водных объектов в бассейне р. Зарафшан, район Анзобского горно-обогатительного комбината и оз. Искандеркуль

Искандеркуль – самое большое, красивое и популярное озеро Согдийской области Республики Таджикистан. Оно расположено в северо-западной части страны и южной части области. Озеро находится на высоте 2195 м н. у. м., в глубину достигает 72 метров и имеет площадь 3,4 км² [Аброров, 2003; Никитин, 1987].

Искандеркуль – озеро завального типа, которое образовалось после обвала горной породы. Водоем образовался в древней ледниковой долине в результате отложения морены и горного обвала. Оно имеет форму неправильного треугольника. Берега озера большей частью крутые, местами обрывистые; четыре террасы (расположенные на высотах 17, 35, 90 и 117 м над уровнем озера) свидетельствуют о более высоком его уровне в прошлом [Аброров, 2003; Никитин, 1987].

Количество и состав веществ, поступающих с водосбора, являются одними из главных факторов, влияющих на формирование химического состава воды оз. Искандеркуль. Основная роль в этом поступлении принадлежит рекам. В озеро впадают реки Саратог, Хазормеш, Кончоч, Арг, Парешон, Дукдон и Соминг. Кроме того, в него впадают мелкие горные реки. Из него вытекает р. Искандердарья, которая через 30 км впадает в р. Фондарья, один из главных притоков трансграничной р. Зарафшан.

Река Искандердарья берет начало из оз. Искандеркуль, ее долина составляет 20 км, и площадь бассейна достигает 950 км². Ширина реки в верхнем течении – 2,7 м, нижнем – 5 м; глубина в верхнем течении – 1,8 м, в нижнем – 1,0 м; дно каменистое. Ее питание снеговое и ледниковое, и среднемноголетний расход воды на выходе из озера равен 19 м³/с. Течёт, в основном, в северо-восточном направлении (на небольших

участках в верховье – к востоку и северу), мутность воды достигает 16 г/м [Аброров, 2003; Никитин, 1987; Аброров, Шерматов, 2013; Курбонов, Нормамедова, 2017].

Для мониторинга метеорологических условий района окрестности оз. Искандеркуль на берегу озера располагается метеостанция Агентства по гидрометеорологии Республики Таджикистан [Норматов и др., 2016]. Среднегодовые значения температуры воздуха повышаются с 1960–70 гг. от 6,2 градуса до 7,2 градуса в 2000–2010 гг.; среднегодовые осадки остаются стабильными и составляют 310 мм. Характер изменения метеорологических условий является отражением тренда изменения температуры воздуха и атмосферных осадков лишь только в окрестности оз. Искандеркуль и не является общим по всему бассейну р. Зарафшан. Поэтому из-за рельефа бассейн р. Зарафшан имеет очень сложный самобытный климат в каждом ущелье и речном бассейне [Аброров, 2003; Норматов и др., 2016].

3. Гидрохимия

Согласно классификации природных вод по выделению гидрохимических фаций Г. А. Максимовича [Курбонов, Норматов, 2018], Искандеркуль входит в зону горных территорий гидрокарбонатной гидрохимической формации с преобладанием гидрокарбонатно-кальциевых вод и в таблице учёного выглядит следующим образом.

Формация	Гидрокарбонатная
Фация	$\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+} - \text{SO}_4^{2-}$
Минерализация, мг/л	80–200

Последние наблюдения на оз. Искандеркуль сотрудниками Агентства по гидрометеорологии Республики Таджикистан проводились в 2003 г., и в течение этого года они проводили наблюдения 4 раза (12.06; 20.07; 02.09 и 08.11). Отмечено незначительное превышение ПДК по магнию – 57,55 мг/л (50 ПДК), железу – 0,42 мг/л (0,3 ПДК). По показателю ИЗВ вода в озере относится ко II классу чистых вод. Результаты наблюдений, проведенных сотрудниками Агентства по гидрометеорологии в 2003 г. на оз. Искандеркуль, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика загрязненности поверхностных вод на территории оз. Искандеркуль за 2003 г. (данные приведены в мг/л)

Параметр	Ед. измерения	12.06	20.07	02.09	08.11	Ср. за год	ПДК, для питьевой воды
Прозрачность	м	>23	>23	>23	>23	>23	-
Нитриты	мг/л	-	0,001	0,007	0,015	0,009	3
Нитраты	мг/л	2,8	2,1	3,2	3,1	2,85	45

Кремний	мг/л	5,8	0,7	1,48	1,3	2,73	10
Железо	мг/л	0,42	0,05	0,06	0,05	0,175	0,3
НСО₃	мг/л	156,4	108,0	72,0	17,0	87,8	-
Хлориды	мг/л	47,65	18,0	3,5	3,2	20,5	350
Сульфаты	мг/л	39	-	-	-	39	500
Кальций	мг/л	29,68	15,0	16,8	-	22,8	100
Магний	мг/л	129,0	10,6	26,7	25	57,55	50
Na, K	мг/л	-	20,75	-	-	20,75	-
Фосфор	мг/л	0,021	0,01	0,04	-	0,023	0,1
Хром	мг/л	0,03	0,022	0,01	0,009	0,018	0,5
Фториды	мг/л	0,14	0,02	0,17	-	0,12	1,5
Цинк	мг/л	0,19	0,17	-	-	0,18	5,0
Медь	мг/л	0,16	0,05	0,03	0,026	0,07	1,0
Σ Минерализация	мг/л	413,9	173,3	-	-	293,6	1000
Жесткость, общ.	мг-экв/л	1,54	1,61	1,9	-	1,6	7
pH	ед.рН	7,9	6,95	7,45	8,5	7,9	6-9

Источник: [Норматов и др., 2016]

4. Материал и методы

Для мониторинга и оценки характеристик загрязненности воды оз. Искандеркуль проводилось несколько отборов проб воды в устье р. Саратаг в июне/июле 2017 г. и непосредственно самой воды озера в июле/августе 2017 г. Далее пробы были сравнены с химическими показателями воды других водных объектов бассейна р. Зарафшан, таких как Фандарья, Ягноб, Киштут, Сангистон, Шаватк, Гузари Бод, Томин, Оби Токман, Вашан и Джума. Мониторинг качества поверхностных вод (рек, озер, водохранилищ) проводился на гидрохимической сети по правилам, устанавливающим единые требования к организации и проведению наблюдений и обработки получаемых данных [Унифицированные методы..., 1971].

5. Результаты и обсуждение

Сельскохозяйственный сектор в регионе развит слабо [Аброров, 2003; Аброров, Шерматов, 2013], и, следовательно, гидрохимия бассейна обусловлена минералогией горных пород водосборной площади. Верховья бассейна р. Зарафшан, особенно Фанские горы, где находится бассейн оз. Искандеркуль, имеют сложный горно-ущельный и высокогорный рельеф, что приводит к большому варьированию химического состава водных объектов (таблица 2).

Таблица 2. Параметры воды в бассейне р. Зарафшан

Дата, время	Название	t, °C	pH	σ^*	ppm	мг/л						
						O ₂	NO ₃	NO ₂	PO ₄	NH ₄	Pb	Zn
08.05.2017 – 18:00	Озеро Змеи	12,6	8,5	263	132	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
09.05.2017 – 10:20	Искандердарья	12,1	8,6	189	94	10,5	17,5	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0
09.05.2017 – 11:50	Ягноб	13,6	8,5	209	105	6,0	5,0	0,0	250	0,0	0,0	0,0
09.05.2017 – 12:50	Фандарья	14,8	8,4	208	102	6,0	0,0	0,0	225	0,0	0,0	0,0
10.05.2017 – 10:00	Шаватк	9,7	8,5	163	80	7,0	10,0	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0
10.05.2017 – 13:35	Гузари Бод	14,2	8,4	212	107	3,0	10,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0
10.05.2017 – 14:10	Томин	11,7	8,4	201	100	5,0	10,0	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0
10.05.2017 – 14:45	Сангистон	16,0	8,3	209	103	5,0	10,0	0,0	100	0,0	0,0	0,0
10.05.2017 – 18:45	Оби Токмат	13,5	8,4	272	134	6,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11.05.2017 – 11:30	Вашан	14,2	8,3	450	226	4,0	10,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0
11.05.2017 – 12:30	Киштут	22,0	8,5	320	160	6,0	10,0	0,0	375	0,0	0,0	0,0
12.05.2017 – 18:00	Джума	26,4	8,4	958	479	7,0	25,0	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0
	ПДК**	-	6-9	-	-	-	45	3	-	2	0,03	5,0

* σ – электропроводимость

**ПДК для питьевой воды указан по [ГОСТ 2874-82 «Питьевая вода»]

Результаты анализа проб воды в наиболее важных объектах, таких как оз. Искандеркуль и устье р. Саратаг, показаны в таблице 3. Вода оз. Искандеркуль мало минерализована, кислородный режим удовлетворительный, процент насыщения изменяется в пределах 51–83 %. Содержание органического вещества менее 2,4 мг/л. Содержание биогенных и других компонентов незначительно.

Таблица 3. Характеристика загрязненности воды в устье р. Саратаг и воды оз. Искандеркуль за 2017 г.

Параметр	Ед. измерения	ПДК*	Среднее / Саратаг	Среднее / Искандеркуль
t° воды	градус Цельсия		27,50	28,95
Цвет	градусы	20 (45)	45,00	50,00
Мутность	ЕМФ	26	15,50	12,50
Запах	баллы	2	0,00	0,00
pH	ед. pH	в пределах 6–9	7,45	7,78
Eh-	мкСМ/м	36,3	24,85	31,15
Нитриты	мг/л	3	0,00	0,01
Нитраты	мг/л	45	0,16	0,33
NH₄	мг/л	2	0,01	0,00
Fe	мг/л	0,3	0,04	0,04
P	мг/л	0,1	0,00	0,00
Al	мг/л	0,5	0,00	0,00
Cl₂	мг/л	350	0,04	0,04
Mn	мг/л	0,1 (0,5)	0,00	0,00
Si	мг/л	10	2,44	1,33
SiO₂	мг/л	6	5,05	6,25
SO₄	мг/л	500	44,50	26,50
Ca	мг/л	100	24,80	29,30
Mg	мг/л	50	14,80	0,00
Cu	мг/л	1	0,00	0,00
Cr_(IV)	мг/л	0,5	0,00	0,00
Фтор	мг/л	1,5	0,38	0,38
Свинец	мг/л	0,03	0,00	0,00
Селен	мг/л	0,01	0,00	0,00
Нобш	мг-экв/л	7	1,93	1,43
Σминер-я	мг/л	1000	204,50	161,50

*ПДК для питьевой воды указан по [ГОСТ 2874-82 «Питьевая вода»]

Результаты, приведённые в табл. 3, показывают, что большинство параметров как в устье р. Саратаг, так и в оз. Искандеркуль незначительно отличаются друг от друга. Согласно результатам анализа, приведенным в табл. 3, можно сказать, что вода до озера, т. е. в устье р. Саратаг по сравнению с водой озера является более мутной. Незначительно колеблется показатель количества содержащихся в воде растворенных веществ, т. е. общая минерализация (в устье р. Саратаг средний показатель за год – 204,5 мг/л и для воды оз. Искандеркуль – 161 мг/л). Наибольший вклад в общую минерализацию воды вносят распространенные неорганические соли (хлориды, сульфаты кальция, магния, калия и натрия), а также небольшое количество

органических веществ. Жесткость воды в изученных объектах формируется в результате растворения горных пород, содержащих кальций и магний.

Согласно полученным данным, наименьшая мутность воды в озере наблюдается зимой, наибольшая – весной, в период паводков, и летом, в период дождей и развития мельчайших живых организмов и водорослей, плавающих в воде. Помимо тонкодисперсных взвесей, поставляемых с окружающих склонов, мутность воды может быть вызвана самыми разнообразными причинами – присутствием карбонатов, гидроксидов алюминия, высокомолекулярных органических примесей гумусового происхождения, появлением фито- и зоопланктона, а также окислением соединений железа и марганца кислородом воздуха.

Из полученных результатов (см. табл. 3) следует, что качество воды в оз. Искандеркуль и устье р. Саратаг по всем показателям соответствует требованиям государственного стандарта ГОСТ 2874-82 «Питьевая вода» [*ГОСТ 2874-82 Вода питьевая...*, 1985]. Согласно полученным данным, общая жесткость воды оз. Искандеркуль составляет в среднем 1,6 мг/л в год и соответствует требованиям нормативов качества питьевой воды СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода централизованных систем водоснабжения» [*Требования к качеству питьевой воды (СанПиН 2.1.4.1074-01)*]. Хотя в отдельные месяцы может наблюдаться небольшое превышение содержания железа из-за дополнительного увеличения взвеси в воде.

При сравнении изменений параметров (см. табл. 1 и табл. 3) во времени можно сказать, что вода оз. Искандеркуль в 2017 г. по сравнению с 2003 г. становилась более чистой почти по всем параметрам. Это может быть связано с увеличением среднегодовых значений температуры в последние годы в этом регионе и, соответственно, уменьшением количества атмосферных осадков, следовательно, уменьшением числа наводнений, сходов лавин и селей в данном регионе.

Сравнивая полученные результаты анализа воды в бассейне р. Зарафшан (см. табл. 2) с водой оз. Искандеркуль и р. Саратаг (см. табл. 3), можно сказать, что содержание нитратов в водах бассейна р. Зарафшан гораздо больше, чем в водах оз. Искандеркуль и р. Саратаг. Так как в бассейне р. Зарафшан расположено очень много населенных пунктов, загрязнение этих вод нитратами может быть обусловлено антропогенными причинами. Основными антропогенными источниками поступления нитратов в воду являются сброс хозяйственно-бытовых сточных вод и сток с полей, на которых применяются азотные удобрения.

6. Выводы

Оценка качества водных объектов является важнейшим этапом в развитии рекреационных возможностей территории Зарафшана. Точное знание о состоянии вод позволяет эффективно планировать обеспечение отдыхающих качественной питьевой водой. В результате работы были установлены следующие факты:

1. По качеству и химическому составу вода оз. Искандеркуль и впадающих в него рек по всем показателям соответствует требованиям государственного стандарта (ГОСТ 2874-82 «Питьевая вода»).

2. Наименьшая мутность воды на озере наблюдается зимой, наибольшая – весной, в период паводков, и летом, в период дождей и развития мельчайших живых организмов и водорослей, плавающих в воде.

3. Основными причинами загрязнения воды в регионе являются такие природные явления как наводнения, сходы лавин и селей, растворение горных пород.

7. Благодарности

Авторы благодарят РЕЦЦА за предоставленную Норммахмедовой З.О. возможность участвовать в Конкурсе студенческих исследований по устойчивому управлению природными ресурсами в Центральной Азии и Афганистане 2018–2019.

8. Список литературы

1. Аброров Х. Таджикистан – край уникальных озер. Душанбе, 2003. 197 с. (на тадж. яз.).
2. Аброров Х., Шерматов Н. Формирования водных ресурсов горного Зарафшана и их экономический потенциал. Душанбе, 2013. 132 с.
3. ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством». 1985. URL: https://znaytovar.ru/gost/2/GOST_287482_Voda_pitevaya_Gigi.html (дата обращения: 30.06.2020).
4. Курбонов Н.Б., Норматов И.Ш. Гидрохимия и исследования изотопного состава реки Зарафшан и ее притоков // Актуальные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии: материалы XXIX молодежн. научн. школы-конференции, посв. Памяти член-корр. АН СССР К.О. Кратца и акад. РАН Ф.П. Митрофанова. (Петрозаводск, Россия, 1–5 октября 2018 г.). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. С.271–274. URL: http://elibrary.krc.karelia.ru/710/1/%D0%90%D0%9A%D0%A2%D0%A3%D0%90%D0%9B%D0%AC%D0%9D%D0%AB%D0%95%20%D0%9F%D0%A0%D0%9E%D0%91%D0%9B%D0%95%D0%9C%D0%AB%20%D0%93%D0%95%D0%9E%D0%9B%D0%9E%D0%93%D0%98%D0%98_2018.pdf (дата обращения: 30.06.2020).
5. Курбонов Н.Б., Норммахмедова З.О. Возможности развития экологического туризма в горных районах Таджикистана // Важность развития внутреннего туризма: материалы республиканской научно-практической конференции (Душанбе, 11 февр. 2017 г.). Душанбе. С. 145–152.
6. Никитин А.М. Озера Средней Азии. Л.: Гидрометеиздат. 1987. 106 с.
7. Норматов П.И., Курбонов Н.Б., Фрумин Г.Т., Норматов И.Ш. Метеорологические особенности и гидрохимия озера Искандеркуль и впадающих в него рек // Ученые записки РГГМУ. 2016. № 45. С.13–19.

-
8. Требования к качеству питьевой воды (СанПиН 2.1.4.1074-01) // URL: http://water2you.ru/n-docs/pdk_sanpin/ (дата обращения: 30.06.2020)
 9. Унифицированные методы анализа вод / Под. общ. ред. Ю.Ю. Лурье. М.: Химия. 1971. 375 с.