

**БИОЛОГИЯ ИЛИМДЕРИ**  
**БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**  
**BIOLOGICAL SCIENCES**

*Алияскаров М., Сариева М., Дженбаев Б.М.*

**ЫСЫК-КӨЛ КӨЛҮНҮН УЧУРДАГЫ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫК  
ЖАНА БИОЛОГИЯЛЫК КӨРСӨТКҮЧТӨРҮНҮН АБАЛЫ**

*Алияскаров М., Сариева М., Дженбаев Б.М.*

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ  
И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОЗЕРА ИССЫК-КУЛЬ**

*M. Aliyaskarov, M. Sarieva, B.M. Djenbaev*

**CURRENT STATE OF PHYSICO-CHEMICAL AND BIOLOGICAL  
PARAMETERS OF ISSYK-KUL LAKE**

УДК: 502.3:577.1(575.2)(04)

*Антропогендик оорчулук бирден-бир олуттуу көйгөй болуп саналат жана бүтүндөй экотутумга оңтойсуз таасирин тийгизет. Акваймактарды сарамжалдуу пайдалануу бүтүндөй адамзаттын артыкчылыктуу милдеттеринин бири болуп калууда. Кыргыз Республикасынын Чек ара кызматынын маалыматы боюнча, 2017-жылы Кыргыз Республикасынын чек арасынан 4,7 млн. адам өткөн. Ар бир Кыргызстанга келген турист Ысык-Көлдүн жээгинде эс алууга артыкчылык берет. Антропогендик оорчулук, анын ичинде тиричилик катуу калдыктар жана таишанды суулар көлдүн экологиялык абалына терс таасирин тийгизүүдө. Бул макалада 2014-2015-жылдары Ысык-Көл көлүнүн суусунун физико-химиялык жана биологиялык көрсөткүчтөрүн аныктоо боюнча жүргүзүлгөн изилдөөнүн жыйынтыктары сунушталды. Ысык-Көл көлүнүн суусунун негизги көрсөткүчтөрүн тилкелер боюнча кийинки учурда өзгөрүүсүн салыштырууга мүмкүнчүлүк жараткан, трофикалык статусун аныктоого шарт түзгөн графоаналитикалык ыкмалар аткарылды. Көлдөгү ченемделген заттардын жол берилүүчү концентрациялары анализденди (ЖБК).*

**Негизги сөздөр:** *Ысык-Көл, физико-химиялык параметрлер, биологиялык параметрлер, чектүү-жол берилүүчү концентрациялар, биогендик элементтер.*

*Антропогенная нагрузка является одной из самых серьезных проблем и негативно влияет на экосистему в целом. Рациональное использование акваторий становится одним из приоритетных задач всего человечества. По данным Пограничной службы Кыргызской Республики, в 2017 году численность иностранных граждан,*

*пересекавших границу Кыргызской Республики, составила 4,7 млн человек [1]. Каждый посетивший турист в Кыргызстане, предпочитают отдыхать на побережье Иссык-Куля. Антропогенное воздействие, включая твердые бытовые отходы и сточные воды, оказывают негативное влияние на экологию озера. В данной статье представлены физико-химические и биологические параметры озера Иссык-Куль, по результатам исследований проведенных в 2014-2015 годах. Работа выполнена графоаналитическими методами, что позволяет в дальнейшем сравнивать изменения основных параметров воды по участкам озера Иссык-Куль для определения трофического статуса озера. Анализированы предельно допустимые концентрации нормированных веществ (ПДК) в озере.*

**Ключевые слова:** *Иссык-Куль, физико-химические параметры, биологические параметры, предельно-допустимые концентрации, биогенные элементы.*

*Anthropogenic load is one of the most serious issues that negatively affects the ecosystem as a whole. Rational use of water areas is becoming one of the priorities of all humankind. In 2017, the number of foreign citizens crossing the border of the Kyrgyz Republic made up 4.7 million people according to the Border Service of the Kyrgyz Republic. Every tourist visited Kyrgyzstan, prefer to spend his/her time resting on the coast of Issyk-Kul. Anthropogenic impacts, including municipal solid waste and wastewater carry a negative impact on the lake ecology. This article presents the physico-chemical and biological parameters of Issyk-Kul Lake, according to the results of studies conducted in 2014-2015. The work was performed by graph-analytical methods, which makes it possible to further compare the changes in*

*the basic parameters of water across areas of the Issyk-Kul lake to determine the trophic status of the lake. The maximum permissible concentrations (MPC) of normalized substances in the lake were analyzed.*

**Key words:** *Issyk-Kul, physico-chemical parameters, biological parameters, the maximum permissible concentrations, biogenic elements.*

**Введение.** На территории Кыргызской Республики расположены крупные, средние и малые озера. Крупными из них являются Иссык-Куль и Сон-Куль, средними и малыми – Чатыр-Куль, Сары-Челек, Кара-Суу, Беш-Таш, Кол-Укок и другие. Из этих озер, озеро Иссык-Куль и Сон-Куль по значимости считаются основными рыбохозяйственными водоемами.

В течение многих лет озеро Иссык-Куль использовалось как объект рекреации и основной рыбохозяйственный водоем страны. Анализируя научные данные советских времен, можно сказать, что на озере проводились научно-исследовательские работы на предмет определения лимнологического состояния и ихтиологические работы. С переходом с плановой экономики на рыночные отношения и получения Кыргызстаном независимости усугубились негативные явления в рыбохозяйственной отрасли. С каждым годом наблюдалось катастрофическое снижение улова рыбы на озере. Безработица в приозерных районах стала причиной массового, повсеместного браконьерства. Таким образом, с каждым годом возрастала антропогенная нагрузка на каждый водоем страны.

Все водоемы с момента происхождения в естественных условиях проходят несколько стадий в своем развитии. На первом этапе водоемы классифицируются, как ультраолиготрофные, затем, с повышением продуктивности, переходят к олиготрофному состоянию, далее становятся мезотрофными. В последней стадии они превращаются в эвтрофные и гиперэвтрофные, в результате чего происходит «старение» водоема и гибель с образованием болота. В естественных условиях процесс эвтрофикации водоемов происходит долго, возможно веками, однако в результате антропогенного воздействия этот естественный процесс ускоряется в несколько раз, при этом резко возрастает интенсивность повышения продуктивности экосистем. Основными источниками

загрязнения водоемов биогенными веществами служат смыв азотных и фосфорных удобрений с полей [1, с. 100-101].

Озеро Иссык-Куль – это бессточное и второе по размеру высокогорное озеро в мире, тектонического происхождения и одно из 20 древних озер на планете [2, с. 360]. Ученые установили, что возраст озера составляет не менее 10 миллионов лет [4]. Устойчивым превышением расходной части водного баланса над приходной, уровень воды понижается [4].

В последние годы прекрасное озеро Иссык-Куль все больше привлекает к себе внимание, как зона рекреации, тем самым с каждым годом увеличивается число отдыхающих туристов. Бурное развитие курортов, ежегодный приток туристов в летний сезон усиливает антропогенную нагрузку на ландшафты, озеро и запасы рыбных ресурсов [5, с. 3-4].

По административно-территориальному устройству, озеро Иссык-Куль расположено в Иссык-Кульской области. В состав области входят 5 районов и 3 города, почти все районы и города расположены вокруг озера Иссык-Куль. Начиная с 2013 года численность постоянно проживающего населения Иссык-Кульской области увеличилось на 11,3 тысяч человек. В непосредственной близости от озера проживают 470,1 тыс. человек [6]. Все реки, впадающие в озеро, проходят между селами и населенными пунктами, и требуют исследований качества воды, в частности на содержание физико-химических и биологических соединений. Расположение вокруг озера сельскохозяйственных и пахотных земель увеличивает риски поступления биогенных веществ из-за смыва с полей использованных азотных и фосфорных удобрений. В результате, возможно, в озере накапливается определенное количество загрязняющих веществ, которые могут повлиять на изменение его трофического статуса.

Объективная оценка экологического состояния и определение трофического статуса водного объекта возможна только с помощью более полного описания особенностей биологических, химических и физических параметров водоема [7].

В связи с изложенным, цель настоящей работы заключалась в оценке физического,

химического и биологического состояния озера Иссык-Куль и предоставление рекомендаций для сохранения озера. На основании полученных репрезентативных гидроэкологических показателей предоставляется возможность оценить текущее состояние физико-химических и биологических параметров озера Иссык-Куль и в дальнейшем использовать данные для определения трофического статуса озера Иссык-Куль по участкам.

#### Материалы и методика исследований.

Объектом исследования выбраны 11 участков озера Иссык-Куль. На первом этапе исследования озеро Иссык-Куль разделено на четыре зоны. При разделении учитывался основной приток рек, впадающих в озеро, наличие заповедных территорий, зон рекреаций. Определены 11 участков (Кутургу, Михайловка, Боз-Бешик, Жениш, Тамга, Кажди-Сай, Оттук, Балыкчы, Чок-Тал, Бостери, Семеновка) для отбора проб воды на анализ (рис. 1).

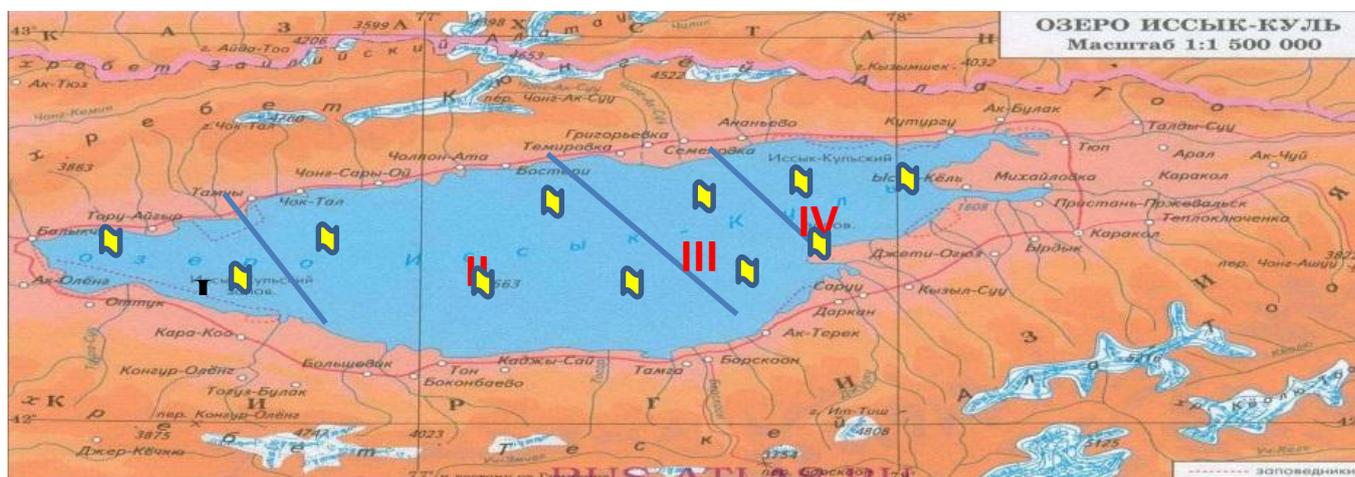


Рис. 1. Географическая карта озера Иссык-Куль.

Участки отбора проб воды по регионам: Кутургу, Михайловка, Боз-Бешик, Жениш, Тамга, Кажди-Сай, Оттук, Балыкчы, Чок-Тал, Бостери, Семеновка.

Пробы отбирались в поверхностном слое воды на глубине 0,5 метров в стерильные химические стеклянные бутылки объемом 250 мл. до 12 часов дня.

Быстроменяющиеся физические и химические параметры воды измерялись непосредственно в воде на каждом отведенном участке, полевыми портативными приборами - «ОАКТОН» DO 110, «ОАКТОН» PH 11, «Orion Star» A 322. Прозрачность воды определялась с использованием диска Секки.

Измерение содержания хлорофилла – «а» осуществлялось спектрофотометрическим мето-

дом в лабораторных условиях [8]. Общая щелочность определялась путем титрования раствора тетраборнокислого натрия, а нитраты фотометрическим методом с реактивом Грисса после восстановления в кадмиевом редуторе. Общий и растворенный фосфор определялся методом фотометрического определения с молибдатом аммония [9].

#### Результаты исследований и обсуждение

В таблице 1 указаны текущие результаты измерения физико-химических и биологических параметров озера Иссык-Куль в четвертом корне [10].

Усредненные показатели физико-химических и биологических параметров озера Иссык-Куль

№	Участок	pH	DO (мг/л)	TDS (ppt)	SDD (м)	TP (мг/л)	DP (мг/л)
1.	Кутугу	1,72405	1,82528	1,36602	1,35540	0,37838	0,34849
2.	Михайловка	1,71409	1,84709	1,39679	1,26367	0,34397	0,31423
3.	Боз-Бешик	1,72234	1,87340	1,38558	1,49534	0,36754	0,33268
4.	Жениш	1,72491	1,85565	1,42491	1,37983	0,35284	0,33766
5.	Тамга	1,71718	1,82621	1,40255	1,24141	0,39048	0,33927
6.	Каджы-Сай	1,69759	1,85546	1,43619	1,31607	0,42459	0,31818
7.	Оттук	1,72063	1,82703	1,44399	1,22474	0,42861	0,40629
8.	Балыкчы	1,72075	1,79795	1,44095	1,36778	0,41704	0,40629
9.	Чок Тал	1,721	1,80893	1,43358	1,36778	0,35703	0,33766
10.	Бостери	1,71977	1,80914	1,43699	1,40303	0,37004	0,38512
11.	Семеновка	1,72271	1,80766	1,43178	1,33748	0,35703	0,34086

**Примечание:** pH – кислотно-щелочной баланс воды; DO – содержание растворенного кислорода, TDS – общая минерализация воды, SDD – прозрачность воды по глубине диска Секки, TP – общий фосфор, DP – растворенный фосфор.

В период исследований показатель **кислотно-щелочного баланса воды (pH)** озера Иссык-Куль на всех участках был почти одинаковым и колебался от 8,3 до 8,8 (рис. 2).

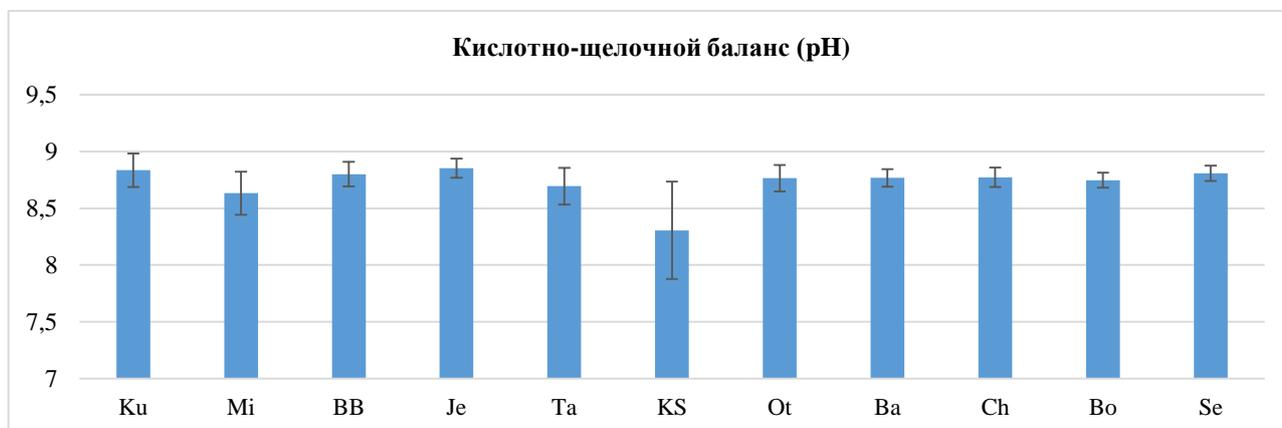


Рис. 2. Кислотно-щелочной баланс воды (pH).

**Примечание:** Ku – Кутугу, Mi – Михайловка, BB – Боз-Бешик, Je – Жениш, Ta – Тамга, KS – Каджи-Сай, Ot – Оттук, Ba – Балыкчи, Ch – Чоктал, Bo – Бостери, Se – Семёновка.

Таким образом, согласно предположению С.П.Китаева, озеро Иссык-Куль можно отнести к группе олигощелочного водоема, где содержание pH составляет от 8 до 9 [11]. Согласно требованиям, pH не должен выходить за пределы от 6,5 до 8,5 [12]. Кислотно-щелочной баланс (pH), кроме участка Каджы-Сай, выходит за пределы установленной нормы по общему требованию к

составу и свойствам воды водотоков и водоемов, для различных видов водопользования.

Безопасным диапазоном pH для рыб является от 5 до 9, а для максимальной продуктивности водных экосистем требуется более узкий диапазон: от 6,5 до 8,5 [13]. Таким образом, по содержанию pH озеро является максимально продуктивным водоемом для рыб.

Согласно нормам, **содержание растворенного кислорода** в озере не должно быть менее 4 мг/дм<sup>3</sup> в любой период года в пробе, отобранной

до 12 часов дня. Результаты исследования показали, что содержание растворенного кислорода на озере составляет от 10,4 до 12,3 мг/л. (рис. 3).

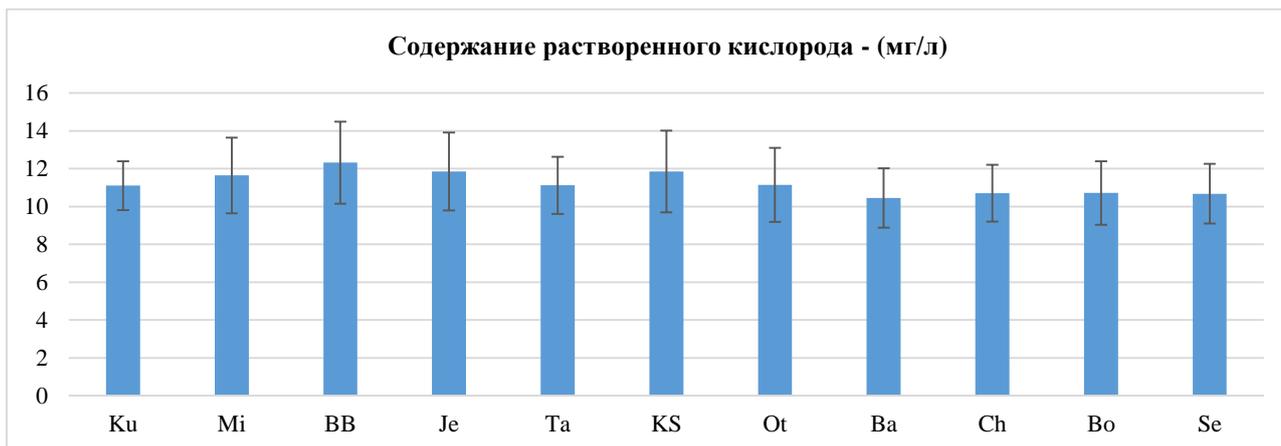


Рис. 3. Содержание растворенного кислорода (мг/л).

Согласно требованиям к составу и свойствам, **общая минерализация** воды водотоков и водоемов должна быть не более 1000 мг/дм<sup>3</sup>. Из литературных источников известно, что за последние сто лет изучения минерализации природных вод было предложено множество классификаций в целом для всех природных вод. Согласно

классификации В.И. Вернадского, если минерализация воды составляет от 1 до 10 г/л, вода считается солоноватой. Значит, по этому критерию озеро Иссык-Куль считается солоноватым водоемом, где общая минерализация воды составила от 3,4 до 4,3 мг/л [11] (рис. 4).

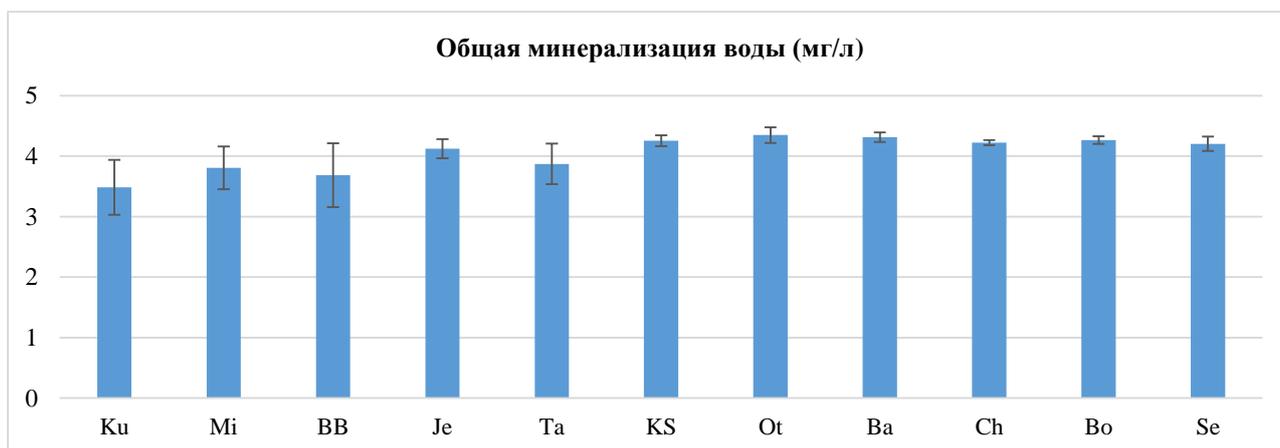


Рис. 4. Общая минерализация воды (мг/л).

Прозрачность воды озера Иссык-Куль в среднем составляет 3,2 м. Осенью прозрачность в среднем составила 3,8 м, зимой - 2,6 м, весной - 2,7 м, летом - 3,9 м. Согласно градации прозрачности, озеро Иссык-Куль относится к типу озер

со средней прозрачностью (2-4 м). Самыми прозрачными участками является участок Боз-Бешик, где прозрачность составила 5 м, участком минимальной прозрачностью является Оттук, где прозрачность составила всего 2,2 м (рис. 5).

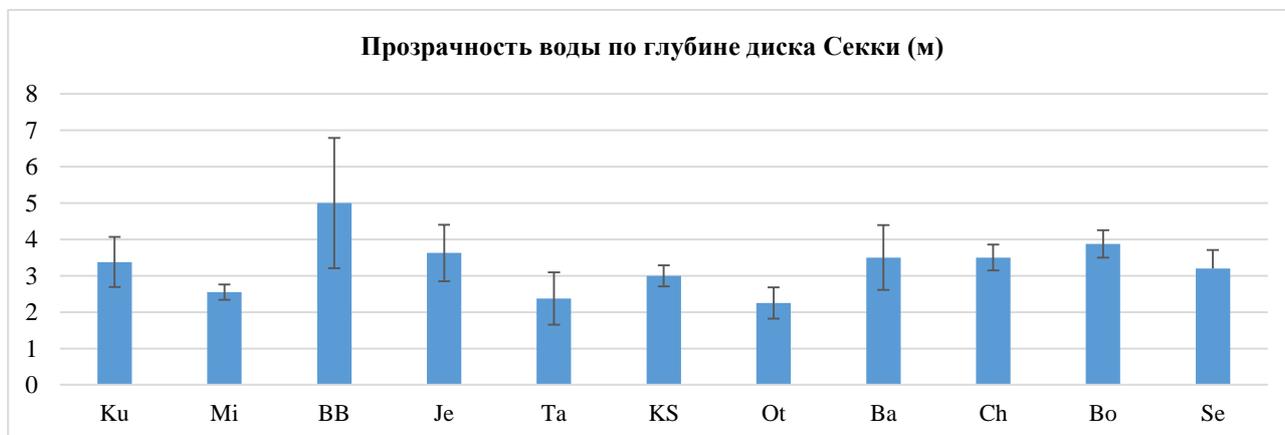


Рис. 5. Прозрачность воды по глубине диска Секки (м).

Общий фосфор и растворенный фосфор присутствуют в составе воды в незначительном количестве. Многие исследователи по содержанию фосфора определяют трофический статус водоемов. Чем меньше количество общего и растворенного фосфора, озера или водоемы считаются малопродуктивными и чистыми. В составе воды озера Иссык-Куль минимальное содержание общего фосфора присутствовало на участках Михайловка, Боз-Бешик, Жениш, Чок-Тал,

Бостери и Семеновка. Максимальное содержание общего фосфора присутствовало на юго-западном участке озера, где составило 0,03 мг/л. На всех участках озера присутствовало минимальное содержание растворенного фосфора, где в среднем составило всего 0,16 мг/л. (Рис. 6 а, 6 б). Таким образом, по этому критерию озеро Иссык-Куль можно считать малопродуктивным и чистым водоемом.

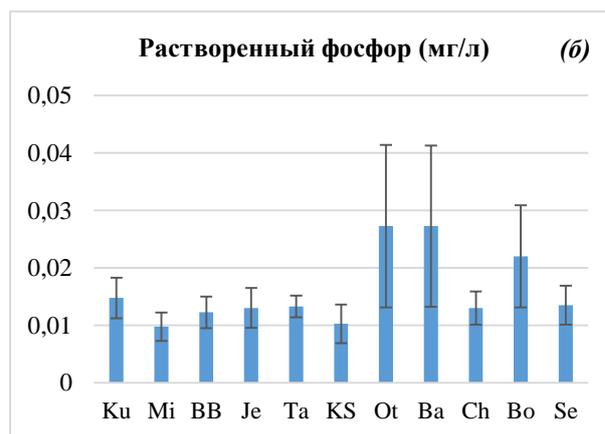
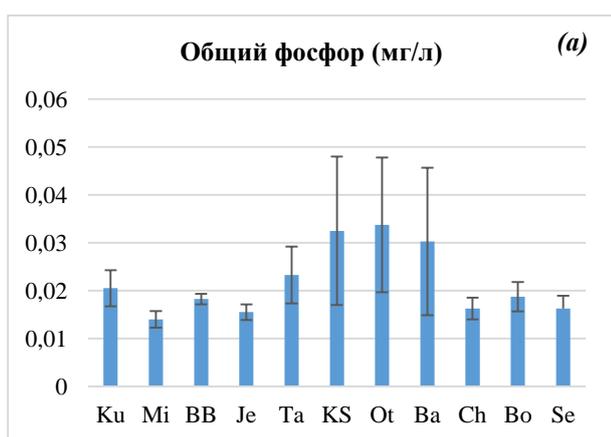


Рис. 6. Общий фосфор (а), растворенный фосфор (б).

### Заключение.

Полученные результаты дает возможность объективно оценить экологическое состояние и определить трофический статус озера Иссык-Куль. В данном исследовании было выявлено, что озеро относится по трофическому состоянию

к олиготрофному водоему, где главные биогенные элементы низкие и не превышают ПДК в воде. Но есть большая вероятность того, что при увеличении антропогенного воздействия эвтрофирование озера может произойти быстрее, чем в естественных условиях.

**Литература:**

1. Дмитриев В.В., Фрумин Г.Т. Экологическое нормирование и устойчивость природных систем. - 2004. - С. 8-101.
2. Березина Н. Гидробиология. - Москва, 1963. - С. 360.
3. <https://knews.kg/2013/07/31/ozero-issyik-kul-popalo-v-spisok-12-luchshih-ozer-mira-dlya-letnego-otdyiha/>
4. Асанова А.К., Тотубаева Н.Э. и др. Анализ состояния озера Иссык-Куль по гидрохимическим показателям. / Республиканский научно-теоретический журнал «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана», №3. - Бишкек, 2017. - С. 108-111.
5. Пивнев И.А. Рыбы Киргизии. - Фрунзе, 1990. - С.3-4.
6. Национальный статистический комитет Кыргызской Республики. Демографический ежегодник Кыргызской Республики 2012-2016 гг. - 2017. - 433 с.
7. Водные ресурсы / Качество и охрана вод, экологические аспекты. 2016. - Том 43. - №5. - С. 535-543.
8. Hadrian P.Stirling with contribution from: Malcolm C.Beveridge, Lindsay G.Ross, Michael J.Phillips, 1985. Chemical and Biological Methods of Water Analysis for Aquaculture, Institute of Aquaculture University of Stirling, Stirling FK9 4LA Scotland. P.119.
9. Руководство по химическому анализу поверхностных вод. Л., Гидрометеиздат, 1977. С.541.
10. Quinn, G.P.; Keough, M.J. (2002). Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press; Cambridge, UK. - 537 pp.
11. Китаев С.П., Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. - 2007. - 82 с.
12. Постановление Правительства Кыргызской Республики от 14 марта 2016 года №128 «Об утверждении Правил охраны поверхностных вод Кыргызской Республики».
13. Алабастер Дж., Ллойд Р., Критерии качества воды для пресноводных рыб: Перевод с английского. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. - 31 с.
14. Рыбоводно-биологические нормы для эксплуатации прудовых хозяйств в Кыргызской Республике. 2016.

**Рецензент: к.биол.н. Жолболдиев Б.**

---