

УДК 556.113 (575.2)

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДЫ РЕКИ НАРЫН

<sup>1</sup>Асанов Б.Д., <sup>2</sup>Оторова С.Т., <sup>3</sup>Тотубаева Н.Э., <sup>3</sup>Кожобаев К.А.

<sup>1</sup>*Американский университет в Центральной Азии (АУЦА), Бишкек, e-mail: asanov\_ba@auca.kg;*

<sup>2</sup>*Нарынский государственный университет им. С. Нааматова, Нарын, e-mail: saira-091@mail.ru;*

<sup>3</sup>*Кыргызско-Турецкий университет «Манас», Бишкек, e-mail: nurzat.totubaeva@manas.edu.kg, kanatbek.kojobaev@manas.edu.kg*

В статье приведены данные по физическим показателям воды реки Нарын – по результатам выполнения проекта NATO SfP 983945 «Оценка трансграничного загрязнения воды в Центральной Азии» за 2013 и 2014 гг. Полученные при помощи прибора «CyberScan Eutech PCD 650» в полевых условиях данные, такие как pH, температура, электропроводность, сопротивление, растворенные общие соли, солонатовость, были усреднены и проанализированы. Измерения с двукратной повторностью проводились в 11 точках от высот в 3735 м н.у.м. до 513 м н.у.м. Эти точки замеров расположены на озере Петрова, реках Кумтор и Тарагай, которые являются истоками реки Нарын, а также в самой реке Нарын – от ее верховьев и до границы с Узбекистаном. В статье рассматривается воздействие антропогенных объектов на воды указанных рек. По результатам измерений значений pH, температуры, электропроводности и электросопротивления, NaCl до и после антропогенных объектов выявлено, что на изменения температуры, кроме Токтогульского водохранилища, населенные пункты и другие объекты не оказывают существенного влияния. После Токтогульского глубоководного водохранилища, из-за глубинной стратификации и вытекания воды из нижних горизонтов, она заметно охлаждается. Значения pH вниз по течению реки медленно и постепенно возрастают, за исключением отрезка между точками ниже села Казарман и перед Токтогульским водохранилищем, что, ввиду неясности причин, требует дополнительных исследований. На электропроводность вод истока реки Нарын – реки Кумтор, а следовательно, на общей минерализации этой реки, значительное повышающее влияние оказывают воды с рудника Кумтор. На электропроводность вод реки Нарын заметное влияние предположительно оказывает впадение в реку Нарын ее более минерализованного правого притока – реки Кажырты. Населенные пункты не оказывают существенного влияния на минерализацию воды – ввиду больших расходов реки Нарын.

**Ключевые слова:** река Нарын, физические показатели воды, CyberScan Eutech PCD 650, проект NATO SfP 983945

## ASSESSMENT OF THE IMPACT OF ANTHROPOGENIC FACILITIES ON PHYSICAL INDICATORS OF WATER IN THE NARYN RIVER

<sup>1</sup>Asanov B.D., <sup>2</sup>Otorova S.T., <sup>3</sup>Totubaeva N.E., <sup>3</sup>Kozhobaev K.A.

<sup>1</sup>*American University of Central Asia (AUCA), Bishkek, e-mail: asanov\_ba@auca.kg;*

<sup>2</sup>*Naryn State University named after S. Namatov, Naryn, e-mail: saira-091@mail.ru;*

<sup>3</sup>*Kyrgyz-Turkish University «Manas», Bishkek, e-mail: nurzat.totubaeva@manas.edu.kg, kanatbek.kojobaev@manas.edu.kg*

The article provides data for 2013 and 2014 on the physical indicators of water in the Naryn River – based on the results of the implementation of the NATO project SfP 983945 «Assessment of transboundary water pollution in Central Asia». Field data such as pH, temperature, conductivity, resistance, dissolved total salts, salinity was averaged and analyzed. All data obtained using the CyberScan Eutech PCD 650 instrument. The measurements were carried out in duplicate at 11 points from an altitude of 3735 m above sea level. up to 513 m above sea level. These measuring points are located on the Petrov Lake, the Kumtor and Taragay rivers, which are the sources of the Naryn River, as well as in the Naryn River itself – from its headwaters to the border with Uzbekistan. The article examines the impact of anthropogenic objects on the waters of these rivers. According to the results of measuring the values of pH, temperature, electrical conductivity and electrical resistance, NaCl, except for the Toktogul reservoir, settlements and other objects do not have a significant effect. The water temperature after the Toktogul deep-water reservoir is noticeably cooled, due to deep stratification and water outflow from the lower horizons. Downstream of the river, pH increases slowly and gradually, with the exception of the section between points below the village of Kazarman and in front of the Toktogul reservoir. This fact due to the unclear reasons, it requires additional research. The conductivity and general mineralization of the Kumtor River are significantly influenced by waters from the Kumtor mine. The electrical conductivity of the waters of the Naryn River is supposedly influenced by its more mineralized right tributary – the Kazhyrty River. The settlements do not have a significant impact on the salinity of water due to the high flow rates of the Naryn River.

**Keywords:** Naryn river, physical indicators of water, CyberScan Eutech PCD 650, project NATO SfP 983945

Реализация проекта NATO SfP 983945 «Оценка трансграничного загрязнения воды в Центральной Азии» началась в июле 2011 г., и окончательный отчет по нему был принят в марте 2016 г. [1]. Наиболее полная и плодотворная фаза проведения полевых

и лабораторных исследований, по результатам которых были получены наиболее надежные данные, пришлось на лето и осень 2013 г. и на весну, лето и осень 2014 г., поэтому в статье рассматриваются данные за эти пять периодов. В рамках проекта

оценивали содержание в воде девяти тяжелых металлов при помощи атомно-абсорбционного спектрометра, а также проводили замеры физических показателей воды в полевых условиях при помощи прибора «CyberScan Eutech PCD 650» [2, 3]. Были получены такие физические параметры воды, как рН, температура, электропроводность, электросопротивление, солоноватость.

Целью данной статьи является оценка воздействия населенных пунктов г. Нарын и пос. Казарман, золоторудного месторождения Кумтор и Токтогульского водохранилища на физические параметры воды реки Нарын.

### Материалы и методы исследования

Измерения физических параметров воды на приборе CyberScan Eutech PCD 650 проводились непосредственно в полевых условиях, на месте отбора проб воды для дальнейшего анализа на тяжелые металлы. В зимние месяцы замеры не производились. Для получения более достоверных данных замеры на месте производились не менее двух раз. На рис. 1 приведена карта, где отмечены точки проведения замеров на р. Нарын и ее истоках. Замеры проводились на 11 точках, 7 из них на р. Нарын, а остальные – с ее истоков: р. Кумтор, Тарагай и оз. Петрова. Ниже в табл. 1 приведено краткое описание пунктов отбора проб.

Река Нарын – самая крупная река Кыргызской Республики (среднегодовой расход в устье – 480 м<sup>3</sup>/с), после слияния с рекой Кара-Дарья образует реку Сыр-Дарья – одну из двух основных рек Центральной Азии.

Город Нарын, с населением около 40 000 жителей, является центром одноименной области КР и расположен на высоте (центр) 2020 м н.у.м. в основном на левом берегу р. Нарын, небольшая часть города расположена на правом берегу. Не все население города охвачено централизованным водоснабжением и водоотводом, поэтому в реку Нарын нередко попадают сильно загрязненные бытовые и иногда мелкопромышленные сточные воды.

Поселок Казарман является центром Тогуз-Тороузского района Нарынской области КР и территориально находится в бассейне реки Нарын. Рядом с поселком с 1986 г. разрабатывается золоторудное месторождение «Макмал», на котором уже добыто порядка 35 т золота.

Золоторудное месторождение «Кумтор» одно из крупных высокогорных (4000 м.н.у.м.) месторождений золота в мире, которое активно разрабатывается открытым способом с 1997 г., каждый год в среднем добывается 17 т золота и к 31.12.2019 г. там уже выработано примерно 392 т золота.

Таблица 1

Данные по точкам отбора проб и полевых исследований

№	Условное наименование точки отбора проб	Описание места отбора проб	Абсолютная высота точки, м н.у.м.	Координаты точки
1	KGZ 1.	озеро Петрова	3735	41°54'03"N; 78°13'23"E
2	KGZ 1,1	река Кумтор – до сброса в нее воды с хвостохранилища рудника «Кумтор»	3675	41°54'39"N; 78°10'51"E
3	KGZ 2.	река Кумтор – после сброса в нее воды с хвостохранилища рудника «Кумтор»	3656	41°53'28"N; 78°10'12"E
4	KGZ 2.1	река Тарагай – после смешения с ней вод реки Кумтор	3339	41°44'29"N; 77°54'20"E
5	KGZ 3	река Нарын – перед городом Нарын	2077	41°25'45"N; 76°04'14"E
6	KGZ 4	река Нарын – после города Нарын	1970	41°26'23"N; 75°51'56"E
7	KGZ 5	река Нарын – перед поселком Казарман	1321	41°22'45"N; 74°12'41"E
8	KGZ 6	река Нарын – после поселка Казарман	1261	41°27'16"N; 73°58'42"E
9	KGZ 7	река Нарын – перед Токтогульским водохранилищем	897	41°46'05"N; 73°17'26"E
10	KGZ 8	река Нарын – после Токтогульского водохранилища	743	41°37'05"N; 72°37'26"E
11	KGZ 9	река Нарын на границе с Узбекистаном	513	41°10'03"N; 72°10'03"E

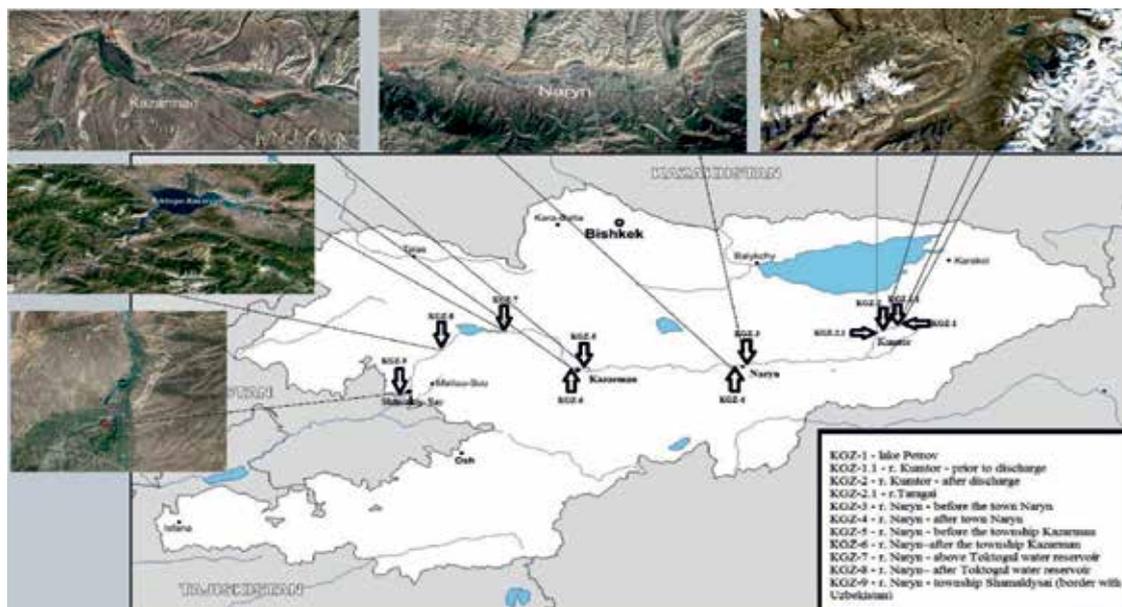


Рис. 1. Карта пунктов замеров воды по реке Нарын

Токтогульское водохранилище на реке Нарын, с общим объемом 19,5 млрд м<sup>3</sup>, является самым крупным и глубоководным (толщина воды при полном заполнении у плотины равна 180 м) водохранилищем в КР.

Как видно на рис. 1 и в табл. 1, замеры проводились до и после населённых пунктов или производственных объектов – для оценки возможного антропогенного воздействия на воды рек. Разница высот от первой до последней точки составила 3222 м.

Величина рН характеризует кислотно-основное равновесие воды и является одним из важнейших показателей. От рН сильно зависят развитие жизнедеятельности водных организмов, формы миграции элементов и многое другое. На величину рН поверхностных вод влияет состояние карбонатного равновесия, интенсивность процессов фотосинтеза и распада органических веществ, содержание гумусовых веществ. В поверхностных водах величина рН наиболее часто колеблется от 6,3 до 8,5 [4].

Удельная электрическая проводимость – количественная характеристика способности воды проводить электрический ток. В большинстве случаев удельная электропроводность поверхностных вод суши является приблизительной характеристикой концентрации в воде неорганических электролитов – катионов и анионов. Удельная электрическая проводимость поверхностных вод суши зависит в основном от их ми-

нерализации и обычно колеблется в пределах от 50 до 10000 мкСм/см [5, 6].

Обратная величина электропроводности – это электрическое сопротивление. И эта величина находится в зависимости от суммарного содержания и температуры. Электропроводность любого водного источника в основном формируют концентрации катионов магния, кальция, натрия, калия и сульфат, хлорид, карбонат-анионов чем больше их концентрация – тем выше электропроводность воды. А такие ионы, как марганец, железо, алюминий, фосфат и нитрат-анионы, не оказывают заметного влияния на удельное электрическое сопротивление воды [4]. Так, согласно ГОСТ 6709-72 удельная электропроводность дистиллированной воды составляет всего 5 мкСм/см [5]. В то же время по величине удельной электропроводности (или по электросопротивлению) невозможно судить о присутствующих в растворе неионогенных органических соединениях, нейтральных взвешенных частицах и о газах.

Безусловно, температура воды и растворенный кислород имеют огромное значение для гидробионтов. Температура воды указана в градусах Цельсия. При измерениях растворенного кислорода в воде, видимо, были допущены какие-то грубые и систематические ошибки, потому что их значения оказались очень маленькими (как правило, менее 1–2 мг/л, поэтому они были исключены из рассмотрения и анализа.

Все данные получены при помощи прибора CyberScan Eutech PCD 650. Портативный многопараметровый киберсканер CyberScan Eutech PCD 650 (рис. 2) обеспечивает исключительную гибкость для полевых измерений в различных комбинациях содержания растворенного кислорода, удельной электропроводности, удельного сопротивления, общего содержания (TDS), pH, окислительно-восстановительного потенциала, концентрации ионов и температуры. Также это очень мощный лабораторный инструмент для измерения вышеперечисленных показателей [2].



Рис. 2. Портативный киберсканер PCD 650

### Результаты исследования и их обсуждение

Для наглядности и упрощения анализа все полученные в полевых условиях данные усреднены и показаны в табл. 2.

Как показывают результаты замеров, средняя температура воды в целом возрастает вниз по течению, что можно видеть на рис. 3 и объяснить снижением высоты

(в целом на 3222 м) и, следовательно, повышением температуры воздуха. Небольшое снижение температуры (почти на 2 °С) воды после вытекания из озера Петрова можно объяснить ее охлаждением за счет окружающего воздуха – при интенсивном ее смешивании с бурно текущей водой. Резкое, в среднем почти на 4 градуса, снижение температуры наблюдается только после Токтогульского водохранилища, что можно объяснить температурной стратификацией воды в глубоководном водохранилище (до 180 м) и попаданием (вытеканием) воды на гидротурбины из нижних частей. Таким образом, кроме Токтогульского водохранилища по данным многократных измерений температуры в реках нет оснований говорить о каких-либо значимых «тепловых» загрязнениях воды р. Нарын от населенных пунктов и исследованных объектов.

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования, воды водных объектов в зонах рекреации, а также воды водоемов рыбохозяйственного назначения величина pH не должна выходить за пределы интервала значений 6,5–8,5 [6]. Как можно видеть из рис. 4, значение pH ни в одной точке не превышает норму, но монотонно возрастает от озера Петрова до точки, расположенной после населенного пункта Казарман. Явная причина резкого снижения pH на отрезке после села Казарман и до Токтогульского водохранилища не выявлена. После этого отрезка pH начинает снова постепенно и ненамного возрастать на следующих точках вниз по течению.

На рис. 5 и 6 изображены графики электропроводности и удельного сопротивления соответственно. На них можно увидеть, как после сброса воды с хвостохранилища золотодобывающего рудника резко возрастает электропроводность и снижается сопротивление.

Таблица 2

Средние значения по пунктам проведения замеров прибором «CyberScan Eutech PCD 650»

	KGZ-1	KGZ-1,2	KGZ-2	KGZ-2,1	KGZ-3	KGZ-4	KGZ-5	KGZ-6	KGZ-7	KGZ-8	KGZ-9
1 Температура, °C	6,15	5,22	4,31	4,91	8,4	9,47	10,73	9,93	11,45	7,53	8,85
2 pH	7,03	7,208	7,639	7,643	7,836	8,042	7,973	8,036	6,91	6,969	7,007
3 Электропроводность, µS	114,1	229	452,5	383,7	320,2	332,3	456,9	446,2	387,3	375,9	357,1
4 Общие растворенные соли (TDS) ppm	116,6	219,5	425,4	350,3	346,7	360,4	445,5	461,7	378,6	360,1	335,7
5 Солоноватость (NaCl) ppm	98,46	202,9	401,9	301,4	335,3	334,3	436,7	439,5	361,1	346,1	329,8
6 Удельное сопротивление, кΩ	4,599	3,172	1,124	1,878	1,573	1,635	1,288	1,284	1,164	1,12	1,194
7 Растворенный кислород (%)	0,32	0,4	0,42	0,36	6,555	,21	6,6	6,92	15,8	8,29	8,26



Рис. 3. Данные температуры по пунктам замеров данных

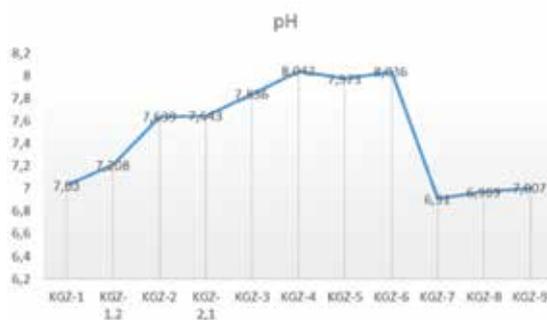


Рис. 4. Данные pH по пунктам замеров данных



Рис. 5. Данные электропроводности



Рис. 6. Данные удельного сопротивления

Из этих данных можно сделать вывод, что после сбросов сточных вод возрастает минерализация воды. Известно, что эксплуатация рудника «Кумтор» сказывается и на многих других показателях вод [7]. Но с постепенным увеличением расхода воды р. Нарын до города Нарын электропроводность снижается. На отрезке после города Нарын и перед пос. Казарман электропроводность снова заметно повышается, что, видимо, можно объяснить впадением в реку Нарын на этом промежутке более минерализованного правого притока, как река Кажырты [8]. Населенные пункты г. Нарын и пос. Казарман не оказывают существенного влияния на электропроводности вод реки Нарын, видимо из-за большого объема (расхода) воды (как правило, более 90–100 м<sup>3</sup>/с) мелкие выбросы сточных вод с этих населенных пунктов на физических показателях воды отражаются слабо.

### Заключение

На 11 точках реки Нарын и ее истоков 5 раз с двухкратной повторностью в те-

плое время 2013 и 2014 гг. были определены 6 показателей физических параметров воды. На основе усредненных данных можно сделать следующие основные выводы.

На изменение температуры воды р. Нарын, кроме Токтогульского водохранилища, населенные пункты и другие объекты не оказывают существенного влияния. В Токтогульском глубоководном водохранилище, из-за глубинной стратификации и вытекания воды из нижних горизонтов, она заметно охлаждается.

Значения pH вниз по течению реки медленно и постепенно возрастают, за исключением отрезка между точками ниже села Казарман и перед Токтогульским водохранилищем, что, ввиду неясности причин, требует дополнительных исследований.

На электропроводность вод истока реки Нарын – реки Кумтор, а следовательно, на общую минерализацию этой реки, значительное повышающее влияние оказывают воды с рудника Кумтор. На электропроводность вод реки Нарын, видимо, заметное влияние оказывает впадение в реку На-

рын ее более минерализованного правого притока – р. Кажырты. Населенные пункты не оказывают существенного влияния на минерализацию воды – ввиду больших расходов реки Нарын.

#### Список литературы / References

1. Стейнес Э., Садыров О.А., Кожобаев К.А. Итоговый отчет проекта «Оценка загрязнений трансграничной воды в ЦА» (SfP 983945). Бишкек, 20 ноября, 2015.  
Steinnes E., Sadyrov O.A., Kozhobaev K.A. Final report of the project «Assessment of pollution of transboundary water in Central Asia» (SfP 983945). Bishkek, 20 noyabrya, 2015 (in Russian).
2. Стейнес Э., Садыров О., Кожобаев К.А. Предварительные результаты выполнения проекта NATO SfP 983945 «Оценка трансграничного загрязнения воды в Центральной Азии» в Кыргызской Республике // Дистанционные и наземные исследования Земли в Центральной Азии: матер. межд. конф. Бишкек, 2014. С. 362–367.  
Steines E., Sadyrov O., Kozhobaev K.A. Preliminary results of the implementation of the NATO project SfP 983945 «Assessment of transboundary water pollution in Central Asia» in the Kyrgyz Republic // Distantionnyye i nazemnyye issledovaniy Zemli v Tsentral'noy Azii: mater. mezhd. konf. Bishkek, 2014. P. 362–367 (in Russian).
3. Бестереков У.Б., Гончаров В.В. Определение количественно-качественных показателей воды // Сборник методических инструкций. Издание Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауезова. Шымкент, 2012. С. 8–23.  
Besterekov U.B., Goncharov V.V. Determination of quantitative and qualitative indicators of water // Sbornik metodicheskikh instruktsiy. Izdaniye Yuzhno-Kazakhstanskogo gosudarstvennogo universiteta im. M. Auezova. Shymkent, 2012. P. 8–23 (in Russian).
4. Водородный показатель и удельная электрическая проводимость вод. Методика выполнения измерений электрометрическим методом. РД 52.24.495-2005. (утв. Росгидрометом 15.06.2005).  
Vodorodnyy pokazatel' i udel'naya elektricheskaya provodimost' vod. Metodika vypolneniya izmereniy elektrometricheskim metodom. RD 52.24.495-2005. (utv. Rosgidrometom 15.06.2005) (in Russian).
5. ГОСТ 6709-72. Вода дистиллированная. Технические условия. Межгосударственный Стандарт. ИЗДАНИЕ, март 2004 г., с Изменениями № 1, 2.  
ГОСТ 6709-72. Вода дистиллированная. Технические условия. Межгосударственный Стандарт. ИЗДАНИЕ, март 2004 г., с Изменениями № 1, 2.
6. Правила охраны поверхностных вод Кыргызской Республики (Постановление Правительства КР № 128 от 14 марта 2016 года. В редакции постановления Правительства КР от 15 декабря 2017 года № 813).  
Rules for the protection of surface waters of the Kyrgyz Republic (Resolution of the Government of the Kyrgyz Republic No. 128 of March 14, 2016. V redaktsii postanovleniya Pravitel'stva KR ot 15 dekabrya 2017 goda № 813) (in Russian).
7. Кожобаев К.А., Молдогазиева Г.Т., Тотубаева Н.Э., Оторова С.Т. Геоэкологические проблемы, связанные с деятельностью горнодобывающих предприятий Кыргызской Республики // Горный журнал. 2016. № 8 (2229). С. 32–37.  
Kozhobaev K.A., Moldogazieva G.T., Totubaeva N.E., Otorova S.T. Geoeological problems associated with the activities of mining enterprises of the Kyrgyz Republic // Gornyy zhurnal. 2016. No. 8 (2229). P. 32–37 (in Russian).
8. Технический регламент «О безопасности питьевой воды». Закон Кыргызской Республики от 30 мая 2011 года № (В редакции Закона КР от 28 апреля 2017 года № 67).  
Technical regulations «On safety of drinking water». LAW OF THE Kyrgyz Republic of May 30, 2011 No. (V redaktsii Zakona KR ot 28 aprelya 2017 goda № 67) (in Russian).