

**Сезонная миграция загрязняющих веществ
в поверхностных водах в результате деятельности
горнодобывающей компании в Кыргызстане**

© 2016. А. М. Абдувалиев¹, аспирант, Б. М. Худайбергенова², д.б.н., в.н.с.,
¹Международный институт гор УНПК «МУК»,
720001, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Чуй, 255,
²Институт биотехнологии НАН КР,
720071, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Чуй, 265,
e-mail: aibek_abduvaliev@kumtor.com

Под влиянием антропогенных факторов изменяется химический состав природных вод, что может привести к отрицательным последствиям не только в водных, но и в наземных экосистемах. Река Нарын – это главная водная артерия Кыргызской Республики. Проведён экологический мониторинг поверхностных вод бассейна реки Нарын для изучения выявления антропогенного влияния (деятельности горнодобывающей компании «Кумтор») на состояние и качество водных артерий изучаемого региона. Химический состав проб воды определялся с помощью различных методов (атомно-эмиссионный метод с индуктивно связанной плазмой (ICP-OES), метод титриметрии, атомно-эмиссионный метод с индуктивно связанной плазмой масс-спектрометрии (ICP-MS)).

Определено содержание четырёх групп химических соединений в поверхностных водах р.Нарын: азотная группа, главные ионы, некоторые тяжёлые металлы и неметаллы с концентрацией равной целым числам и цианиды с низкой концентрацией. Представленные данные свидетельствуют о влиянии действия горнорудной компании на водный приток правого рукава р. Нарын по отдельным показателям. Наблюдаются сезонные колебания концентраций некоторых элементов. Значительное повышение наблюдается в летний период, во время активной работы компании по добыче золота. Повышенные концентрации свинца на изученных участках, вероятно, обусловлены влиянием транспортных средств, проезжающих вблизи верховья реки Нарын. Летнее повышение концентрации алюминия, железа, свинца может быть обусловлено активным сбросом стоков с предприятия «Кумтор», а также таянием ледников, из которых берут начало притоки р. Нарын. В то же время многие показатели свидетельствуют об отсутствии накопления загрязняющих веществ в поверхностных водах. Вероятно, это обусловлено мощными скоростными потоками воды в р. Нарын и современными технологиями очистки отработанных сточных вод предприятия «Кумтор».

Ключевые слова: горнодобывающее предприятие, химические показатели, поверхностные воды, река Нарын, сезонные изменения.

**The seasonal migration of pollutants in surface waters as a result
of the mining company's activities in Kyrgyzstan**

A. M. Abduvaliyev¹, B. M. Khudaybergenova²,
¹International mountains institute of Education-science-productive complex
«International university of Kyrgyzstan» (ESPC «IUK»),
255, Chui prospect, Bishkek, Kyrgyz Republic, 720001,
²Institute of biotechnology National Academy of Sciences Kyrgyz Republic (NAS KR),
265, Chui prospect, Bishkek, Kyrgyz Republic, 720071,
e-mail: aibek_abduvaliev@kumtor.com

Under the influence of anthropogenic factors the chemical composition of natural waters is changing, that could lead to negative consequences, not only in water, but also in terrestrial ecosystems. The Naryn River is the main artery of the Kyrgyz Republic. The environmental monitoring of surface waters of the Naryn River was conducted to detect the anthropogenic influence (activity of «Kumtor mining company») on the condition and quality of waterways of the region. The chemical composition of the water samples was determined using various methods (atomic-emission method with inductively coupled plasma (ICP-OES), titration method, atomic emission method with inductively coupled plasma mass-spectrometry (ICP-MS)).

The concentration of four groups of chemical compounds in surface waters of the Naryn River was detected. These are nitrogen group, major ions, some heavy metals and non-metals with the concentration equal to integers and cyanides with

a low concentration. The data on selected indicators suggest the influence of mining activities of the company on the water inflow of the Naryns River right sleeve. Seasonal variations in the concentrations of some elements are observed. A significant increase is observed in summer, during active work of the gold mining company. Elevated concentrations of lead in the studied areas may be caused by traffic near the upper stream of the Naryn River. Summertime increase in concentrations of aluminum, iron, lead could be caused by active effluent discharge from the Kumtor enterprise, as well as by glaciers melting, from which the Naryn river tributaries originate. At the same time, many of the figures show absence of pollutants accumulation in the surface waters. This is probably due to powerful high-speed streams in the Naryn River, as well as to modern technology of waste water sewage purification in the Kumtor enterprise.

Keywords: mining enterprise, chemical indicators, surface water, the river Naryn, seasonal changes.

Поверхностные воды являются важнейшей составной частью литосферы, в которой протекает большая часть химических реакций. С одной стороны, реки и озёра являются местообитанием многих видов живых организмов, с другой стороны, миллионы тонн поверхностных вод используются для осуществления производственных циклов. Под влиянием антропогенных факторов меняется химический состав природных вод, что может привести к отрицательным последствиям не только для водных, но и для наземных экосистем. Река Нарын – это главная водная артерия Кыргызской Республики. Объединяясь с рекой Сырдарья, Нарын впадает в Аральское море и является одной из основных водных артерий Средней Азии. Объём водных потоков реки Нарын обеспечивается за счёт двух рукавов реки: Чон Нарына и Кичи Нарына, которые берут своё начало на вершинах горных хребтов.

В связи с близким географическим расположением горнодобывающей компании «Кумтор» и возможного её влияния на состояние водных ресурсов бассейна реки Нарын был проведён экологический мониторинг поверхностных вод бассейна реки Нарын для выявления антропогенного влияния (деятельности горнодобывающей компании «Кумтор») на состояние и качество водных артерий изучаемого региона.

Материалы и методы

Верховье реки Нарын представляет собой стоки с разных горных хребтов Нарынской области Кыргызстана. Химический анализ образцов проводился посезонно с учётом климатических условий. Забор проб воды проводился в весенний период – с начала навигационного периода, в летний сезон – с полноводья реки, таяния ледников и в активный период действия

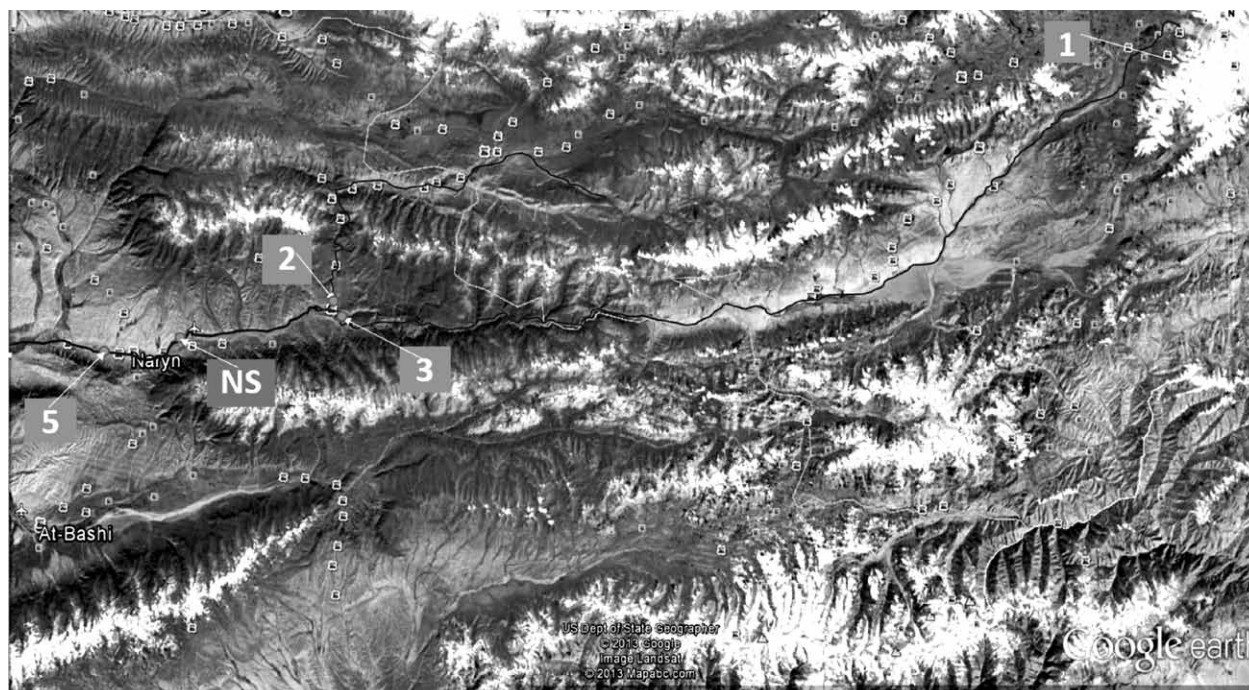


Рис. Расположение точек отбора водных проб

1 – рудник «Кумтор»; 2 – правый рукав р. Нарын, место, куда сбрасываются очищенные промышленные стоки с рудника «Кумтор»; 3– левый рукав р. Нарын; NS – верховье р. Нарын; 5– низовье р. Нарын.

Таблица 1

Динамика содержания соединений азота и фосфора в воде верховья р. Нарын

Показатель	Сентябрь 2013 г.	Ноябрь 2013 г.	Июнь 2014 г.
N-NH ₄ ⁺ , мг/л	0,08	0,04	0,04
N-NO ₂ ⁻ , мг/л	0,01	0,001	0,01
N-NO ₃ ⁻ , мг/л	0,6	0,8	0,7
P _{общ.} , мг/л	0,04	0,01	0,04

Таблица 2

Динамика содержания металлов и неметаллов в воде верховья р. Нарын

Показатель	Сентябрь 2013 г.	Ноябрь 2013 г.	Июнь 2014 г.	ПДК Кыргызской Республики
Al ³⁺ , мг/л	0,34	0,512	1,22	0,5
Ba ²⁺ , мг/л	0,04	0,046	0,058	0,7
F ⁻ , мг/л	0,256	0,285	н/д	–
Fe ³⁺ , мг/л	0,21	0,037	1,8	0,3
Si, мг/л	н/д	3,18	н/д	10
U, мг/л	н/д	0,003	н/д	–
Zn ²⁺ , мг/л	0,001	0,003	0,009	1

Примечание: жирным шрифтом выделены показатели, превышающие ПДК, н/д – нет данных, прочерк обозначает отсутствие норматива показателя.

горнодобывающей компании, а также в осенний период – в сезон окончания полноводья и таяния ледников. Географическое расположение мест отбора проб воды представлено на рисунке. Отбор и анализ проб проводился ежемесячно по сезонам в трёх повторностях.

Химический состав проб воды определялся с помощью различных методов: атомно-эмиссионного метода с индуктивно связанной плазмой (ICP-OES); масс-спектрометрии (ICP-MS), используемых лабораторией Alex Stuart ltd., которая имеет международный сертификат качества. С помощью метода атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой ICP-AES определяли содержание кальция, калия, магния, натрия, кремния.

Содержание хлоридов и сульфатов определяли методом ионной хроматографии. Карбонаты, бикарбонаты, общую жёсткость воды, общую щёлочность определяли методом титриметрии на автоматическом титраторе DL25 Mettler Toledo. Для определения аммонийного азота, нитритов, нитратов, общего фосфора использовали метод с колориметрическим окончанием на приборе Campspec M508 Digital UV-Visible Spectrophotometer, Spectronic Campspec Ltd. Содержание общего азота определяли по Кьельдалю. Мутность воды измеряли на турбидиметре HACH2100N [1].

Для определения ионов следующих элементов и соединений: Ca²⁺, Cl⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻, K⁺, Mg²⁺, Na⁺, SO₄²⁻, а также определения общей

жёсткости, общей щёлочности, аммиака, нитритов, нитратов, общего фосфора, цианидов свободных и слабодиссоциирующих были использованы колориметрический метод, атомно-абсорбционный с холодным паром и др. [1, 2].

Результаты и обсуждение

Химический состав поверхностных вод изучался посезонно в зависимости от климатических условий региона. В зимний период деятельность горнорудного предприятия снижена по сравнению с летним периодом времени. В таблице 1 представлены данные по содержанию соединений азотной группы и фосфора в водах р. Нарын по различным месяцам.

Концентрация нитратных соединений постепенно нарастает к зимнему времени года. Однако значительных различий по данным группам не выявлено. Соединения азотной группы и фосфора имеют биологически важное значение для обитателей водоёмов. Нутриенты являются биологически значимыми элементами, необходимыми для обеспечения нормальной жизнедеятельности живых организмов. В летнее время отмечается увеличение численности популяций различных видов рыб в бассейне р. Нарын. Встречаются следующие виды рыбы: горный осман (*Gymnodiptychus dybowskii*), маринка (*Schizothorax*), форель (*Oncorhynchus mykiss*) [3]. Загрязнение поверхностных вод носит сезонный характер (табл. 2).

Более высокая концентрация ионов двух металлов (алюминия и железа) в июне, вероятно, связана с началом активных сбросов промышленных стоков, накопленных на предприятии «Кумтор». Однако в осенний период концентрация этих элементов снижается и не превышает ПДК поверхностных вод для Кыргызской Республики.

В природных водах алюминий содержится в виде малотоксичных химических соединений, например, фторида алюминия. Вид катиона или аниона зависит в первую очередь от кислотности водной среды [4]. Концентрации алюминия в водоёмах России колеблются от 0,001 до 10 мг/л [5]. Результаты полученных исследований по р. Нарын свидетельствуют о незначительном повышении концентрации алюминия в различные месяцы года. При суммарном учёте накоплений за год значения содержания соединений алюминия достигают 12 мг/л. Следует учитывать мощность и скорость водных потоков, а также кислотность водной среды, влияющих на снижение концентраций элементов [6].

Главными источниками соединений железа в поверхностных водах являются процессы химического выветривания горных пород, сопровождающиеся их механическим разрушением и растворением. Значительные количества железа поступают с подземным стоком и со сточными водами предприятий металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности и с сельскохозяйственными стоками.

Концентрация железа подвержена заметным сезонным колебаниям. Обычно в водоёмах с высокой биологической продуктивностью в период летней и зимней стагнации заметно увеличение концентрации железа в придонных слоях воды. Осенне-весеннее перемешивание водных масс (гомותרмия) сопровождается окислением Fe(II) в Fe(III) и выпадением последнего в виде Fe(OH)₃ [6]. Сезонное увеличение содержания железа в водных потоках изученного участка, вероятно, является следствием сброса сточных вод горнодобывающего предприятия «Кумтор».

С понижением температуры наблюдается повышение концентраций неметаллов: фтора (F⁻) и кремния в поверхностных водах р. Нарын. Увеличение концентраций этих элементов, вероятно, связано с особенностями геоморфологии Терскойских хребтов, с истоков которых и берет своё начало р. Нарын. Нарастание концентрации в октябре-ноябре, вероятно, обусловлено таянием ледников, а также вымыванием соединений из горных пород.

Согласно анализу содержания главных ионов (табл. 3) следует отметить, что летом правый приток р. Нарын приобретает большую жёсткость, чем в зимний период. Это видно из показателей концентраций бикарбонатов калия, магния, общей жёсткости и общей щёлочности. Зимой показатели выравниваются, и оба притока имеют схожие концентрации главных ионов.

Из данных таблицы 4 следует, что почти все показатели не менялись в зависимости

Таблица 3

Динамика содержания главных ионов и некоторых показателей в воде верховья р. Нарын

Показатель	Сентябрь 2013 г.	Ноябрь 2013 г.	Июнь 2014 г.	ПДК Кыргызской Республики
Ca ²⁺ , мг/л	55,1	63,9	51,5	–
Cl ⁻ , мг/л	4,2	6,1	3,1	350
CO ₃ ²⁻ , мг/л	1	1	1	–
HCO ₃ ⁻ , мг/л	130	165	135	–
K ⁺ , мг/л	1,78	1,71	1,54	–
Mg ²⁺ , мг/л	15,3	17,7	13,4	50
Na ⁺ , мг/л	7,94	8,99	7,14	200
SO ₄ ²⁻ , мг/л	61	68	60	500
Общ. жёсткость, мг/л	170	210	170	–
Общ. щёлочность, мг/л	107	133	112	–
Общ. взвеш. частицы, мг/л	105	272	260	–
Общ. раств. частицы, мг/л	41	4	96	–
Мутность, NTU	45	8,1	1,7	–

Примечание: прочерк обозначает отсутствие норматива показателя.

Таблица 4

Динамика содержания цианидов и некоторых элементов в воде верховья р. Нарын

Показатель	Сентябрь 2013 г.	Ноябрь 2013 г.	Июнь 2014 г.	ПДК Кыргызской Республики
Цианиды своб., мг/л	0,005	0,005	0,005	0,035
Цианиды общ., мг/л	0,005	0,005	0,005	–
Цианидыслабодиссоц., мг/л	0,005	0,005	0,005	–
Серебро, мг/л	0,003	0,003	0,003	0,05
Бериллий, мг/л	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
Кадмий, мг/л	0,0003	0,0003	0,0003	0,001
Кобальт, мг/л	0,004	0,004	0,004	0,1
Хром, мг/л	0,008	0,008	0,008	0,05
Медь, мг/л	0,005	0,005	0,003	0,1
Ртуть, мг/л	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Марганец, мг/л	0,007	0,006	0,041	0,1
Молибден, мг/л	0,005	0,004	0,016	0,1
Никель, мг/л	0,005	0,005	0,005	0,1
Свинец, мг/л	0,002	0,002	0,005	0,01
Сурьма, мг/л	0,001	0,001	0,001	0,005
Селен, мг/л	0,001	0,001	0,001	0,01
Ванадий, мг/л	0,006	0,006	0,006	0,1
Мышьяк, мг/л	0,001	0,004	0,001	0,01

Примечание: прочерк обозначает отсутствие норматива показателя.

сти от сезонов года, за исключением концентрации меди, марганца, молибдена, свинца и мышьяка.

Содержание марганца в речных водах вариабельно; дисперсия содержания растворённого марганца определяется в основном климатом и составом пород с площадей водосбора [7]. В частности, экстремально высокие концентрации марганца порождаются дренированием рудных территорий реками.

Отмечено существенное повышение содержания свинца в точках отбора в летнее время до 0,005 мг/л. Естественными источниками поступления свинца в поверхностные воды являются процессы растворения эндогенных (галенит) и экзогенных (англезит, церуссит и др.) минералов. Значительное повышение содержания свинца в окружающей среде (в том числе и в поверхностных водах) связано со сжиганием углей, применением тетраэтилсвинца в качестве антидетонатора в моторном топливе, с выносом соединений свинца в водные объекты со сточными водами рудообогатительных фабрик, некоторых металлургических заводов, химических производств, шахт и т. д.

Повышенные концентрации свинца на изученных участках, вероятно, обусловлены влиянием транспортных средств, проезжающих верховья р. Нарын. Летнее повышение концентраций, вероятно, обусловлено актив-

ным сбросом стоков с предприятия «Кумтор», так как пробы снимались непосредственно ниже точки сброса отработанных вод. Разбавление текущими поверхностными водами не приводит к превышению пределов допустимых концентраций.

Заключение

Проведённые нами исследования по содержанию тяжёлых металлов в водах притоков р. Нарын свидетельствуют, что концентрации железа, алюминия и марганца повышаются в сезон паводков и таяния ледников, а также в периоды сброса сточных вод горнодобывающей компании Кумтор. Наблюдаются сезонные изменения в воде концентраций химических соединений. Очевидно, что здесь преобладает влияние местных ландшафтно-геологических условий, а также протяжённость речного стока. Высокие концентрации элементов порождаются дренированием реками рудных территорий, к которым относится всё верховье р. Нарын. К поздней осени концентрации взвешенных частиц, которые в основном состоят из железа, алюминия и марганца, на порядки уменьшаются, и вода в р. Нарын осветляется. Таким образом, за исследованный период на участках взятых проб выявлено сезонное изменение ряда показате-

лей поверхностных вод бассейна р. Нарын. Повышение содержания свинца, алюминия, железа в летний период является результатом антропогенной нагрузки. В то же время многие показатели свидетельствуют об отсутствии накопления загрязняющих веществ в поверхностных водах. Вероятно, это обусловлено мощными скоростными потоками воды в р. Нарын и современными технологиями очистки отработанных сточных вод предприятия «Кумтор».

Авторы благодарят Ч. Айдыралиеву за помощь в проведении экспериментов. Также выражают благодарность в проведении показателей Иманакунову С. Б., менеджеру лаборатории Alex Stuart Ltd., и Чурмакову Э., ведущему специалисту лаборатории Alex Stuart Ltd.

Литература

1. ASTM в СНГ: www.ASTM.com
2. Сборник унифицированных методов анализа вод. Министерство здравоохранения Кыргызской Республики. Бишкек, 2000.
3. Абдувалиев А.М., Худайбергенова Б.М. Мониторинг влияния деятельности горнорудного предприятия «Кумтор» на качество водных ресурсов (на примере реки Нарын) // Вестник КазНУ. Серия экологическая. 2014. №1/1(40). С. 4–8.
4. Aluminium Recycling and Processing for Energy Conservation and Sustainability / Ed. J.A.S.Green. ASM International, 2007. 220 p.
5. Боконбаев К. Дж. Справочник предельно допустимых концентраций, ориентированных безопасных

уровней воздействия, допустимых уровней, методов контроля и других характеристик вредных веществ в объектах окружающей среды. Бишкек: Олимп, 1997. 335 с.

6. Зенин А.А., Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь. Л.: Гидрометеопублицат, 1988. 240 с.
7. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основные закономерности геохимии марганца. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2013. 40 с.

References

1. ASTM in CIS: www.ASTM.com.
2. Standardized methods for analyzing water. Ministerstvo zdavookhraneniya Kyrgyzskoy Respubliki. Bishkek, 2000. (in Russian)
3. Abduvaliev A.M., Khudaibergenova B.M. Monitoring the impact of the mining enterprise Kumtor activities on water quality (on the Naryn river example) // Vestnik KazNU. Seria ekologicheskaya. 2014. №1 / 1 (40). P. 4–8. (in Russian)
4. Aluminium Recycling and Processing for Energy Conservation and Sustainability / Ed. J.A.S.Green. ASM International, 2007. 220 p.
5. Bokonbaev K. Dzh. Directory of maximum allowable concentrations, occupational exposure limits, permissible levels, control methods, and other characteristics of hazardous substances in the environment. Bishkek: Olimp, 1997. 335 p. (in Russian)
6. Zenin A.A., Belousova N.V. Hydrochemical vocabulary. L.: Hydrometeopublicat, 1988. 240 p. (in Russian)
7. Udovitch Ya.E., Ketris M.P. Basic laws of geochemistry of manganese. Syktyvkar: Komi NC UrO RAN, 2013. 40 p. (in Russian)