

## **ЭКОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ АКВАТОРИЙ ОКИ И ВОЛГИ В ЧЕРТЕ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ НИЖНЕГО НОВГОРОДА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ КАТИОННО-АНИОННОГО СОСТАВА И СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

**Козлов А.В.<sup>1</sup>, Машакин А.М.<sup>1</sup>, Дедык В.Е.<sup>1</sup>, Воронцова А.А.<sup>1</sup>, Акафьева Д.В.<sup>1</sup>, Соколов И.С.<sup>1</sup>, Кондрашин Б.В.<sup>1</sup>, Миронова Ю.И.<sup>1</sup>, Тарасов И.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», Нижний Новгород, e-mail: a.v.kozlov\_ecology@mail.ru

В работе дана оценка гидрохимического состояния воды из участков рек Ока и Волга, протекающих в черте города Нижнего Новгорода, а также воды из систем городской и ливневой систем водоотведения, сбрасываемой в реки. В 2016 году исследованию подвергались природные и сточные воды на определение в них содержания соединений азота, сульфатов, полифосфатов, хлоридов, а также тяжелых металлов: железа, кадмия, свинца, хрома, меди и цинка. Было установлено неудовлетворительное состояние сточных вод, сбрасываемых в реки города, и в особенности относительно содержания аммонийной формы азота и содержания некоторых тяжелых металлов (Fe, Cd, Pb и Zn). В части анализа воды из реки Ока также отмечается превышение уровня допустимого содержания аммония и кадмия, в части анализа воды из реки Волга – аммония, железа, кадмия и свинца. Относительно возможности рыбохозяйственного использования водоемов Оки и Волги в пределах Нижнего Новгорода отмечается их неудовлетворительное состояние.

Ключевые слова: гидрохимия, Волга, Ока, канализационные и ливневые стоки, экологическое состояние воды.

## **ECOLOGY-HYDROCHEMICAL CONDITION OF OKA AND VOLGA WATER AREAS WITHIN CITY AGLOMERATION OF NIZHNY NOVGOROD ON INDICATORS OF CATIONIC AND ANIONIC STRUCTURE AND CONTENT OF HEAVY METALS**

**Kozlov A.V.<sup>1</sup>, Mashakin A.M.<sup>1</sup>, Dedyk V.E.<sup>1</sup>, Vorontsova A.A.<sup>1</sup>, Akafeva D.V.<sup>1</sup>, Sokolov I.S.<sup>1</sup>, Kondrashin B.V.<sup>1</sup>, Mironova Y.I.<sup>1</sup>, Tarasov I.A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: a.v.kozlov\_ecology@mail.ru

In work an assessment of a hydrochemical condition of water from the sections of the river Oka and Volga proceeding within the city of Nizhny Novgorod, and also the water from systems of city and storm systems of water disposal dumped to the rivers is given. In 2016 was exposed to a research natural and waste waters on determination of the content of compounds of nitrogen in them, sulfates, polyphosphates, chlorides, and also heavy metals – iron, cadmium, lead, chrome, copper and zinc. The unsatisfactory condition of the sewage dumped to the rivers of the city and, in particular, concerning the maintenance of an ammonium form of nitrogen and content of some heavy metals has been established (Fe, Cd, Pb and Zn). Regarding water analysis from the river Oka excess of level of admissible content of ammonium and cadmium, regarding water analysis from the Volga River – ammonium, iron, cadmium and lead is also noted. Concerning a possibility of fishery use of reservoirs of Oka and Volga within Nizhny Novgorod their unsatisfactory state is noted.

Keywords: hydrochemistry, Volga, Oka, sewer and storm drains, ecological condition of water.

Нижний Новгород является одним из российских мегаполисов, характеризующихся высокоразвитой промышленной инфраструктурой и достаточно большими валовыми газо-пылевыми выбросами в атмосферный воздух и сбросами сточных вод в природные водные объекты. По этим причинам загрязнение гидросферы экотоксикантами в пределах городской черты остается одной из главных экологических проблем города [1-4].

Немаловажным аспектом загрязнения крупных природных водотоков, протекающих в пределах городской черты – Ока и Волга, является наличие вверх по их течениям городов

(Дзержинск, Бор, Володарск, Выкса, Балахна и многие другие), обладающих специфическими видами промышленности: животноводство, химическая и нефтехимическая, целлюлозно-бумажная и т.д. Несмотря на то что природные характеристики рек позволяют экотоксикантам, содержащимся в нормативно очищенных сточных водах, достаточно быстро переходить в токсически неактивные концентрации за счет эффектов разбавления, осаждения и диффузии [5; 6], тем не менее многие исследователи [6-8] подчеркивают высокую значимость проведения мониторинга как сточных вод, так и воды природных водотоков, протекающих в общей агломерации промышленных городов.

### **Цель исследования**

Целью данной работы явилась оценка эколого-гидрохимического состояния природных вод Оки и Волги, протекающих в черте Нижнего Новгорода, а также сточных вод из городской и ливневой систем централизованного водоотведения.

### **Материалы и методы исследования**

Пробы воды отбирали вручную по ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб», ГОСТ 17.1.5.05-85 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков» и по НВН 33-5.3.01-85 «Инструкция по отбору проб сточных вод для анализа» с помощью батометра гидрологического (БТ-1,0) в полиэтиленовые емкости в июне 2016 года из открытой городской канализации (точки № 1 и № 2), из открытой ливневой канализации (точки № 3 и № 6), а также по одной пробе из реки Ока (точка № 4) и реки Волга (точка № 5). Схематически карта пробоотбора воды представлена на рисунке.

Место отбора пробы № 1 находилось около Метромоста рядом с улицей Марата. Первый ярус растительности на месте отбора воды отсутствует. Второй (кустарниковый) ярус представлен молодыми деревьями тополя и ясеня, которые встречаются достаточно редко, а также некоторыми другими типичными для городской среды кустарниками.

Ярус травянистых растений включает в себя сорняковые виды: пырей, одуванчик, трехреберник продырявленный, сурепка. Растительность в основном сорно-разнотравная, хотя иногда встречаются и другие травы вроде тысячелистника. Степень озеленения территории достаточно высокая, несмотря на обилие разных общественных заведений: кафе, рестораны. Количество растительности увеличивается по мере спуска к воде.



Проба № 5 была отобрана с причала у Чкаловской лестницы. Территория представляет собой искусственное образование на наклонном участке у реки Волга. Оно состоит из ливневого стока, бетонных плит и скудной сорной растительности на их стыках. Так как участок состоит по большей части из бетонных плит, он служит укреплением береговой линии и препятствует размыву берегов, развитию эрозии и оползневых процессов, однако может затапливаться во время таяния снегов. В летний период непосредственно во время отбора пробы за счет благоприятных условий и повышенной влажности на стыках бетонных плит произрастают отдельные представители светолюбивых сорных растений, таких как тысячелистник обыкновенный, подорожник, одуванчик, скерда кровельная и пижма обыкновенная.

Точка отбора воды № 6 представляет собой участок Нижневолжской набережной ниже по течению от места слияния Оки с Волгой. Вода была отобрана с пристани около Чкаловской лестницы и катера «Герой» с помощью батометра. Недалеко от места отбора находится труба ливневой канализации, из которой в Волгу попадают сточные воды. Растительность на этом участке представлена искусственными посадками декоративных растений в виде клумб. В целом территория, на которой находится точка отбора воды, значительно преобразована человеком и выполняет функции рекреационной прогулочной зоны по берегу Волги.

Пробы воды доставляли в лабораторию и анализировали в первые два дня после пробоотбора. Анализ проб воды был проведен в Эколого-аналитической лаборатории мониторинга и защиты окружающей среды при Мининском университете по основным гидрохимическим показателям, содержанию тяжелых металлов [9]; аналитическая повторяемость – трехкратная.

Определение содержания в пробах воды соединений азота (нитратов и катиона аммония) проводили по ГОСТ 4192-82 спектрофотометрическим методом; содержание хлоридов – аргентометрией по ГОСТ 4245-72; содержание сульфатов – по ГОСТ 31940-2012 йодометрическим титрованием; содержание фосфатов – по ГОСТ 18309-2014 спектрофотометрическим методом; содержание общего железа – по ПНД Ф 14.1:2:4.50-96, хрома (VI) – по ГОСТ 31956-2012 спектрофотометрическим методом [10].

Содержание тяжелых металлов (цинк, кадмий, свинец, медь) в воде определяли методом инверсионной вольтамперометрии на вольтамперометре-полярографе ТА-Lab по методике определения ТМ в воде – ПНД Ф 14.1:2:4.222-06, предварительно отфильтровав образцы и проведя минерализацию имеющихся органических веществ с помощью концентрированной муравьиной кислоты.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

В таблице 1 представлены результаты определения содержания различных катионов и анионов, а также содержания тяжелых металлов в воде из источников открытой городской канализационной сети, сбрасываемой в Оку. Поскольку данные акватории реки Ока относятся как к категории хозяйственно-питьевого, так и рыбохозяйственного водопользования, в таблицах приведены по два значения ПДК загрязняющих веществ.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов и катионно-анионный состав воды, отобранной из источников открытой городской канализационной сети

№ п/п	Показатели	Значение показателя по точкам отбора проб		ПДК, мг/л	
		№ 1	№ 2	хоз.-пит. назначения*	рыб.-хоз. назначения**
1	Аммоний – NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/л	7,20	12,07	1,5	0,5
2	Нитраты – NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	0,64	35,26	45	40
3	Полифосфаты – PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/л	0,196	0,123	3,5	0,05
4	Сульфаты – SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	20,03	248,27	500	100
5	Хлориды – Cl <sup>-</sup> , мг/л	15,19	472,69	350	300
6	Железо (Fe), мг/л	0,35	3,73	0,3	0,1
7	Кадмий (Cd), мг/л	0,1356	0,0025	0,001	0,005
8	Медь (Cu), мг/л	н.п.о.***	н.п.о.	1,0	0,001
9	Свинец (Pb), мг/л	0,1318	0,0114	0,01	0,006
10	Хром (Cr), мг/л	н.п.о.	н.п.о.	0,05	0,02
11	Цинк (Zn), мг/л	0,2125	0,0039	1,0	0,01

Здесь и далее по таблицам:

\* – согласно ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»; ГН 2.1.5.2280-07 Дополнения и изменения № 1 к ГН 2.1.5.1315-03; ГН 2.1.5.2307-07 «Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»;

\*\* – согласно Приказу Росрыболовства № 20 от 18.01.2010 г. «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения»;

\*\*\* – результат измерения ниже предела обнаружения элемента в соответствии с данной методикой.

Высокое содержание катионов аммония в отобранной воде из точки № 1 не соответствует ПДК как для водных объектов хозяйственно-питьевого водопользования, так и для объектов рыбохозяйственного значения. Замечено превышение содержания полифосфатов в воде относительно ПДК для объектов рыбохозяйственного значения. Остальные показатели соответствуют норме. Также в анализируемой воде выявлено превышение ПДК по содержанию железа, кадмия и свинца для обеих рассматриваемых в таблице точек отбора проб. Кроме того, для объектов рыбохозяйственного значения выше нормы находится содержание цинка, однако медь и хром полностью отсутствуют в воде.

Катионно-анионный состав воды, отобранной из точки № 2, показал, что ПДК<sub>1</sub> и ПДК<sub>2</sub> не превышает содержание нитратов, полифосфатов и сульфатов, однако содержание аммония и хлоридов сильно завышено относительно ПДК<sub>1</sub> и ПДК<sub>2</sub>. Содержание тяжелых металлов в канализационной воде не превышает ПДК<sub>1</sub> и ПДК<sub>2</sub> кроме показателя железа,

содержание которого превышает ПДК в 12 раз.

Данные таблицы 2 отражают результаты определения содержания различных катионов и анионов, а также содержания тяжелых металлов в воде из источников открытой ливневой канализационной сети, сбрасываемой в Оку (точка № 3) и в Волгу (точка № 5).

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов и катионно-анионный состав воды, отобранной из источников открытой ливневой канализационной сети

№ п/п	Показатели	Значение показателя по точкам отбора проб		ПДК, мг/л	
		№ 3	№ 6	хоз.-пит. назначения	рыб.-хоз. назначения
1	Аммоний – NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/л	29,11	12,46	1,5	0,5
2	Нитраты – NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	0,26	6,16	45	40
3	Полифосфаты – PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/л	0,082	0,052	3,5	0,05
4	Сульфаты – SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	220,43	248,09	500	100
5	Хлориды – Cl <sup>-</sup> , мг/л	62,10	84,15	350	300
6	Железо (Fe), мг/л	2,63	0,28	0,3	0,1
7	Кадмий (Cd), мг/л	0,0978	0,0253	0,001	0,005
8	Медь (Cu), мг/л	0,0704	н.п.о.	1,0	0,001
9	Свинец (Pb), мг/л	0,0990	0,0257	0,01	0,006
10	Хром (Cr), мг/л	н.п.о.	н.п.о.	0,05	0,02
11	Цинк (Zn), мг/л	0,1926	0,3031	1,0	0,01

Анализ катионно-анионного состава воды, отобранной из точки № 3, показал наличие большого количества аммония, который превышает оба показателя ПДК<sub>1</sub> и ПДК<sub>2</sub>. Полифосфаты и сульфаты превышают лишь ПДК для воды рыбохозяйственного значения. Остальные показатели – в норме. При анализе воды на содержание тяжелых металлов было установлено, что железо, кадмий, свинец превышают ПДК<sub>1</sub> и ПДК<sub>2</sub>, а медь и цинк превысили нормы ПДК только для воды рыбохозяйственного значения.

Содержание аммония в пробе воды из точки № 6 превышает ПДК как для воды хозяйственно-бытового и хозяйственно-питьевого значения, так и для вод рыбохозяйственных водоемов. Количество полифосфатов и сульфатов превышает ПДК лишь для вод рыбохозяйственного значения (ПДК<sub>2</sub>). Концентрация кадмия и свинца в пробе превышает ПДК по всем нормативам. Также в пробе превышено содержание цинка и железа для вод рыбохозяйственного значения.

В таблице 3 представлены результаты определения содержания различных катионов и анионов, а также содержания тяжелых металлов в воде реки Ока (точка № 4).

Анализ катионно-анионного состава воды показал наличие большого количества катионов аммония, которое превышает ПДК<sub>1</sub> в 18 раз, а ПДК<sub>2</sub> – в 25 раз. Полифосфаты превышают ПДК лишь для воды рыбохозяйственного значения. Остальные показатели – в норме. При анализе на содержание тяжелых металлов в воде было установлено, что

содержание железа и меди превышает ПДК для воды рыбохозяйственного значения, а кадмий и свинец вышли за нормы предельно допустимых концентраций двух показателей – для воды хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного назначений.

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов и катионно-анионный состав воды реки Ока

№ п/п	Показатели	Значение показателя в точке № 4	ПДК, мг/л	
			хоз.-пит. назначения	рыб.-хоз. назначения
1	Аммоний – NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/л	27,33	1,5	0,5
2	Нитраты – NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	0,13	45	40
3	Полифосфаты – PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/л	0,293	3,5	0,05
4	Сульфаты – SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	172,20	500	100
5	Хлориды – Cl <sup>-</sup> , мг/л	32,19	350	300
6	Железо (Fe), мг/л	0,24	0,3	0,1
7	Кадмий (Cd), мг/л	0,0364	0,001	0,005
8	Медь (Cu), мг/л	0,0033	1,0	0,001
9	Свинец (Pb), мг/л	0,0362	0,01	0,006
10	Хром (Cr), мг/л	н.п.о.	0,05	0,02
11	Цинк (Zn), мг/л	0,0073	1,0	0,01

Данные таблицы 4 отражают результаты определения содержания различных катионов и анионов, а также содержания тяжелых металлов в воде реки Волга (точка № 5).

Таблица 4

Содержание тяжелых металлов и катионно-анионный состав воды реки Волга

№ п/п	Показатели	Значение показателя в точке № 5	ПДК, мг/л	
			хоз.-пит. назначения	рыб.-хоз. назначения
1	Аммоний – NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/л	4,51	1,5	0,5
2	Нитраты – NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	1,148	45	40
3	Полифосфаты – PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/л	0,178	3,5	0,05
4	Сульфаты – SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	160,16	500	100
5	Хлориды – Cl <sup>-</sup> , мг/л	28,84	350	300
6	Железо (Fe), мг/л	0,34	0,3	0,1
7	Кадмий (Cd), мг/л	0,0107	0,001	0,005
8	Медь (Cu), мг/л	н.п.о.	1,0	0,001
9	Свинец (Pb), мг/л	0,0592	0,01	0,006
10	Хром (Cr), мг/л	н.п.о.	0,05	0,02
11	Цинк (Zn), мг/л	0,0001	1,0	0,01

Среди катионов и анионов, содержащихся в пробе воды, предельно допустимые концентрации для культурно-бытовых и хозяйственно-питьевых нужд превышает лишь содержание катионов аммония (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), равное 4,51 мг/л против 1,5 мг/л согласно установленным нормативам. В части использования воды Волги в рыбохозяйственной сфере превышение ПДК идет по аммонии (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), равное 4,51 мг/л, по полифосфатам (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>),

равное 0,178 мг/л, и сульфатам ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), равное 160,16 мг/л против 500 мг/л и 100 мг/л соответственно.

Среди тяжелых металлов, обнаруженных в пробе воды из реки, нормативы ПДК по водам хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного назначения превышает содержание железа (Fe), кадмия (Cd) и свинца (Pb) в концентрациях 0,34, 0,0107 и 0,0592 мг/л соответственно. Цинк (Zn) находится в пределах нормативов ПДК. Содержание меди (Cu) и хрома (Cr) оказалось ниже предела обнаружения.

### **Выводы**

Проведя эколого-гидрохимический анализ сточных вод городской и ливневой систем водоотведения Нижнего Новгорода, установили неудовлетворительное состояние воды, сбрасываемой в реки города, и в особенности относительно содержания аммонийной формы азота и содержания некоторых тяжелых металлов (Fe, Cd, Pb и Zn). В части анализа воды из реки Ока также отмечается превышение уровня допустимого содержания аммония и кадмия, в части анализа воды из реки Волга – аммония, железа, кадмия и свинца. Относительно возможности рыбохозяйственного использования водоемов Оки и Волги в пределах Нижнего Новгорода отмечается их неудовлетворительное состояние.

### **Список литературы**

1. Географический атлас Нижегородской области / Г.С. Камерилова, С.В. Наумов, Г.Г. Побединский. – Н. Новгород: Верхневолжское АГП, 2005. – 52 с.
2. Козлов А.В. Оценка эколого-химического состояния и биологической токсичности снежного покрова автомагистралей Нижнего Новгорода / А.В. Козлов, Ю.И. Миронова, А.М. Машакин и др. // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 3. – С. 92-96.
3. Копосова Н.Н. Анализ территориальных различий в уровнях концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе города Нижнего Новгорода / Н.Н. Копосова, А.В. Козлов, И.М. Шешина // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3. – URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=19379>.
4. Рувинова Л.Г. Биологический мониторинг загрязнения почвенной и водной среды в условиях урбанизации / Л.Г. Рувинова, А.Н. Сверчкова, С.М. Хамитова, Ю.М. Авдеев // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2016. – № 6 (117). – С. 14-20.
5. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. – М.: Логос, 2000. – 627 с.
6. Гусева Т.В. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды / Т.В. Гусева, Я.П. Молчанова, Е.А. Заика. – М.: Эколайн, 2000. – 87 с.

7. Копосова Н.Н. Формирование профессиональных компетенций при изучении курса «Техногенные системы и экологический риск» // Вестник Мининского университета. – 2015. – № 2 (10). – С. 16.
8. Уханов В.П. Экологический мониторинг состояния особо охраняемых природных территорий / В.П. Уханов, С.М. Хамитова, Ю.М. Авдеев // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2016. – № 10 (121). – С. 66-71.
9. Козлов А.В. Лабораторно-инструментальные методы исследований в экологии объектов окружающей среды. – Н. Новгород: НГПУ им. К. Минина, 2016. – 89 с.
10. Козлов А.В. Оценка экологического состояния почвенного покрова и водных объектов. – Н. Новгород: Мининский университет, 2016. – 146 с.