

УДК 504.453:504.054:504.064.2  
DOI 10.17513/use.38176

## ТЕНДЕНЦИИ ЭКОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИРОДНЫХ ВОД ИЗ МОСКВЫ-РЕКИ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Козлов А.В., Жевнеров А.В., Аникина Д.С.

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –  
Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева»,  
Москва, e-mail: a.kozlov@rgau-msha.ru

Представлен первичный эколого-гидрохимический и геохимический анализ воды из Москвы-реки, протекающей в условиях экологического каркаса г. Москвы. Исторически сложившееся хроническое антропогенное воздействие на природные объекты МКАД-кольца сформировало определенный статус естественных характеристик и продолжает оказывать свое влияние в сезонной динамике. К числу данных объектов относятся и часть русла реки, протекающая сквозь городскую территорию столичного мегаполиса, практически все административные округа которого неизбежно оказывают свое комплексное техногенное воздействие на геоэкологическое состояние вод в реке. Пробы отбирались в ранневесенний сезон 2023 г. по течению Москвы-реки в пределах МКАД, в которых определялся широкий спектр экологически и геохимически значимых показателей – pH и минерализация, базовые элементы катионно-анионного состава и биогенного фона, показатели биохимического состояния, некоторые экотоксиканты, а также элементы базового геохимического фона территории. Из полученных данных следует, что воды Москвы-реки характеризуются нейтральной реакцией среды (6,46–7,66 ед. pH), средним уровнем варьирования общей минерализации (275–803 мг/л), карбонатной жесткости (1,6–4,7 мг-экв./л), содержания гидрокарбонатов (57–167 мг/л), сульфатов (66–255 мг/л) и хлоридов (12–40 мг/л). Среди веществ биогенного фона несколько выделяется уровень содержания аммонийного азота (до 1,27–1,45 мг/л), а среди показателей биохимического состояния воды – перманганатная окисляемость (до 14,1–18,3 мг/л) и БПК<sub>7</sub> (6,93–7,73 мг/л). При этом уровень концентрации растворенного кислорода в водах достаточно высокий (до 8,96–9,68 мг/л), что свидетельствует об оптимальной самоочищающей способности водотока. Содержание исследуемых экотоксикантов в водах не выходит за пределы ПДК (по Cu – 58%, по As – 9%, исключение Zn – 136%), а концентрация элементов геохимического фона территории (Si, K, Ca, Mg, B) является типичной для данного сезона пробоотбора. Для определения закономерностей в эколого-гидрохимических и геохимических показателях необходим их комплексный и сезонный анализ.

**Ключевые слова:** природные воды, Москва-река, эколого-гидрохимическая и геохимическая характеристика водотока, тенденции уровня значений и вариабельности показателей, экологический каркас города, хроническое загрязнение вод суши

## THE TRENDS IN ECOLOGICAL, HYDROCHEMICAL AND GEOCHEMICAL INDICATORS OF NATURAL WATERS FROM THE MOSKVA-RIVER IN CONDITIONS OF THE CENTRAL URBAN AGLOMERATION

Kozlov A.V., Zhevnerov A.V., Anikina D.S.

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,  
Moscow, e-mail: a.v.kozlov\_ecology@mail.ru

A primary ecology-hydrochemical and geochemical analysis of water from the Moskva river, flowing in conditions of ecological framework of Moscow, is presented. Historically established chronic anthropogenic impact on natural objects of the Moscow Ring Road has formed a certain status of natural characteristics and continues to exert its influence in seasonal dynamics. These objects also include a part of river bed flowing through urban territory of metropolitan metropolis, almost all administrative districts of which inevitably exert their complex technogenic impact on geo-ecological state of waters in river. Samples were taken in early spring season of 2023 along the Moskva river within the Moscow Ring Road, in which a wide range of environmentally and geochemically significant indicators were determined – pH and mineralization, basic elements of the cation-anion composition and biogenic background, indicators of biochemical state, some ecotoxicants, as well as elements of basic geochemical background of the territory. Based on data obtained, it follows that waters of the Moskva river are characterized by a neutral reaction of the environment (6,46–7,66 pH units), an average level of variation in total mineralization (275–803 mg/l), carbonate hardness (1,6–4,7 mg-equiv./l), content of bicarbonates (57–167 mg/l), sulfates (66–255 mg/l) and chlorides (12–40 mg/l). Among substances of biogenic background, level of ammonia nitrogen content (up to 1,27–1,45 mg/l) stands out somewhat, and among indicators of biochemical state of water – permanganate oxidation (up to 14,1–18,3 mg/l) and BOD<sub>7</sub> (6,93–7,73 mg/l). At the same time, level of dissolved oxygen concentration in waters is quite high (up to 8,96–9,68 mg/l), which indicates optimal self-purifying ability of watercourse. The content of the studied ecotoxicants in waters does not exceed maximum permissible concentration (for Cu – 58%, for As – 9%, excluding Zn – 136%), and concentration of elements of geochemical background of the territory (Si, K, Ca, Mg, B) is typical for of a given sampling season. To determine patterns in ecological, hydrochemical and geochemical indicators, their complex and seasonal analysis is necessary.

**Keywords:** natural waters, the Moskva river, ecological, hydrochemical and geochemical characteristics of the watercourse, trends in the level of values and variability of indicators, the ecological framework of the city, chronic pollution of land waters

Фундаментальная гидрохимия изучает химическое состояние поверхностных и подземных вод литосферы, их физико-химические превращения и особенности влияния на них различных внешних факторов [1, с. 26–32]. Ее современные научные ответвления – экологическая гидрохимия и геоэкология – одним из приоритетных предметов исследования вод обозначают явления техногенеза и различного рода антропогенные воздействия как наиболее активные и широко распространенные внешние факторы, оказывающие существенное влияние на эколого-химическое качество и общее геоэкологическое состояние водных объектов [2, с. 175–179; 3, с. 52–53]. По этим причинам крупные водотоки антропогенно преобразуемых территорий являются наиболее массово изучаемыми экологическими объектами современной геоэкологии [4–6].

Москва-река не является исключением, ее воды исторически одни из наиболее интересных и сложных объектов изучения с точки зрения экологической гидрохимии, причиной чему является множество естественных и социально-техногенных факторов [7, с. 38–42; 8, с. 52–53; 9]. Равнинные ландшафты Южной тайги, где протекает как сам столичный водоток, так и его основные крупные притоки (р. Руза, Истра, Пахра, Северка и др.) определяют такие природные свойства воды, как достаточно низкая минерализация растворимыми солями кальция, магния и в ультрамалых концентрациях – калия, как правило «мягкий» уровень гидрокарбонатной и сульфатно-гидрокарбонатной жесткости, достаточно высокие значения химического потребления кислорода, обуславливаемые присутствием в водах водорастворимых гуматов, вымываемых из подзолов и дерново-подзолистых почв, а также значительного уровня концентрации растворенного и биологически активного кислорода, которые фоновым уровнем всегда присутствуют в водах территорий северо-западной и средней полосы России [10; 11, с. 519; 12].

Москва, как один из первых городов центральных агломераций Российской Федерации, закономерно и исторически характеризуется высокой антропогенной нагрузкой на окружающую их природную среду. В число данной нагрузки входит промышленная деятельность, среди которой имеет место ряд крупных градообразующих предприятий металлургического и сталелитейного, пищевого и перерабатывающего, абразивно-инструментального, вагоно-

строительного, фармацевтического и биотехнологического профиля (более 170 видов производств). По состоянию на 2019 г. в пределах Москвы расположено 209 промышленных зон общей площадью 7,8 тыс. га, что составляет примерно 16% территории города [13, с. 41]. Селитебные территории, крупными жилищно-коммунальными застройками которых представлены в основном Северный, Юго-Западный, Южный и Юго-Восточный административные округа г. Москвы, неизбежно вносят свой вклад в общую антропогенную нагрузку на природные условия в городском строительстве. А также собственно и рекреационные зоны, функционал которых, с одной стороны, отчасти способствует нейтрализации токсикологического фона от выбросов и иных отходов местной промышленности. Однако при этом их длительный эколого-техногенный след сводится к хроническому аккумулярованию поллютантов, инвазивно поступающих от транспортной сети города и промышленных зон в виде газо-пылевых выбросов. Так, к наиболее значимым лесным рекреационным массивам г. Москвы, которым присвоен статус особо охраняемых природных территорий, относятся природные парки «Москворецкий» и «Тушинский», природно-исторические парки «Измайлово» и «Покровское-Стрешнево», природные заказники «Долина реки Сетунь» и «Воробьевы горы», ландшафтные заказники «Теплый Стан» и «Крылатские холмы», а также комплексный заказник «Петровско-Разумовское» [7, с. 134–140; 13, с. 48].

Экологический каркас города Москвы сложен и устроен наложением влияния от множества как промышленных объектов, так и рекреационных территорий, перемежающихся селитебными зонами и транспортной сетью. Вся совокупность данных факторов неизбежно определяет изменения, происходящие в природных объектах, в том числе в таких экологически значимых, как крупные водотоки сквозного типа прохождения через городской экологический каркас. По этим причинам проведение экологической оценки состояния рассматриваемых водных объектов является одним из актуальных исследований регионального экологического мониторинга [8, с. 10–11; 13, с. 168–173].

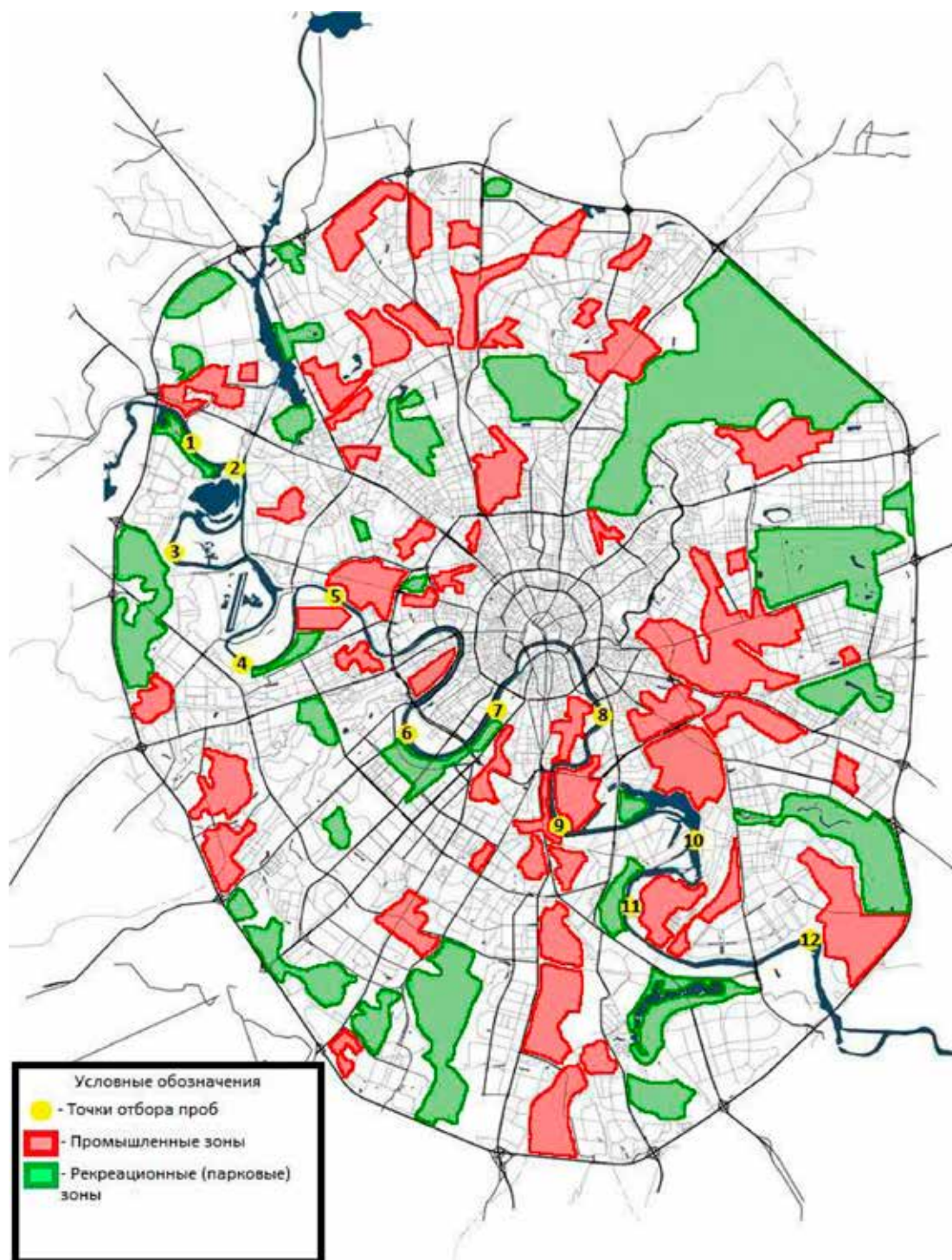
Цель работы – выявление тенденций в эколого-гидрохимических показателях воды из части русла Москвы-реки, проходящей в Центральной агломерации города Москвы.

### Материалы и методы исследования

Объектом исследования явились воды из Москвы-реки, отобранные в пределах МКАДа практически равномерно по ее течению из 12 точек (рисунок).

Отбор проб проводили в весенний период 2023 г. 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 Р 52.24.353-2012 «Рекомендации по отбору проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод» при помощи стандартного гидрологического багетметра БГ-1,0.



*Территориальное размещение промышленных и рекреационных зон г. Москвы и расположение точек отбора проб воды из Москвы-реки в пределах МКАД*

Далее пробы воды доставлялись в лабораторные комплексы РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, где над ними проводили ряд эколого-аналитических испытаний в течение первой недели после отбора. В пробах определяли следующие показатели: рН – потенциометрия, общая минерализация – кондуктометрия, содержание сульфатов, общей жесткости, хлоридов, аммонийного азота, гидрокарбонатов, ХПК (по перманганатной окисляемости), растворенного кислорода и БПК<sub>7</sub> – титриметрия, содержание нитратного азота, общего железа и полифосфатов – спектрофотометрия в видимой части спектра, содержание мышьяка, кремния, калия, кальция, магния и бора – атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой, содержание цинка и меди – атомно-абсорбционная спектрометрия с беспламенной атомизацией. Нормативно-аналитическое сопровождение выполняемых анализов соответствовало современным, в том числе стандартизированным методическим документам [1, с. 56–87; 14, с. 63–134].

**Результаты исследования и их обсуждение**

В результате проведенных исследований была определена нейтральная реакция среды у вод Москвы-реки, изменяющаяся от очень слабокислой (6,46 ед. рН) до слабощелочной (7,66 ед. рН), при этом статистическая вариабельность показателя в пределах всех 12 точек отбора проб была минимальной (табл. 1).

По степени насыщения растворенными солями воды характеризовались в целом как пресные (от 254 до 487 мг/л), за исключением значений по точкам 1 и 12, где концентрация составила соответственно 510 и 803 мг/л (воды с относительно повышенной минерализацией). Варьирование данного показателя находилось на приемлемом уровне кроме значений, полученных по точкам отбора 8 и 10, – здесь диапазон колебания достигал 23–34%, что говорит о некоторой временной химической неоднородности вод в реке.

**Таблица 1**

Уровень общих эколого-гидрохимических свойств, состава базовых катионов и анионов по воде из Москвы-реки

№ точки	Общие свойства и катионно-анионный состав макрокомпонентов											
	рН, ед. рН		Минерализация, мг/л		Жесткость, мг-экв./л		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л		Cl <sup>-</sup> , мг/л	
	X-ср.	V, %	X-ср.	V, %	X-ср.	V, %	X-ср.	V, %	X-ср.	V, %	X-ср.	V, %
1	6,89	0	510	1	2,9	2	132	6	96	24	13	6
2	6,46	1	275	8	1,6	5	57	7	72	13	14	8
3	7,62	1	323	3	3,1	6	130	5	70	20	12	3
4	7,56	1	316	2	3,1	8	134	5	74	47	13	3
5	6,68	1	344	4	2,9	3	128	4	95	13	22	6
6	6,88	0	451	1	3,1	8	133	5	206	32	19	4
7	6,77	0	377	2	3,0	3	142	8	66	31	22	7
8	6,78	6	254	23	2,3	11	88	16	79	16	21	9
9	6,77	1	373	3	2,8	5	136	4	106	64	22	8
10	7,14	2	487	34	2,2	40	117	30	255	72	18	6
11	7,66	1	567	4	4,3	10	167	7	150	23	38	9
12	7,44	1	803	4	4,7	6	135	10	98	21	40	6
<b>ПДК*</b>	<b>6,5-8,5</b>		<b>1000</b>		<b>7</b>		<b>500</b>		<b>500</b>		<b>350</b>	

Примечание: X-ср. – среднее арифметическое значение показателя по трем единичным отборам проб из 1-й точки забора;

V, % – коэффициент вариации показателя в пределах трех значений повторностей;

\*ПДК – предельно допустимая концентрация 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».

Аналогичным образом менялся показатель и общей жесткости в водах: по точкам 8 и 10 прослеживалась заметная вариабельность показателя (до 11–40%), минимальное значение было выявлено в точке 2 (1,6 мг-экв./л), максимальное – в последних точках 11 и 12 (4,3–4,7 мг-экв./л). Сами воды характеризовались как мягкие и средней жесткости. Нужно отметить, что данные показатели не выходили за пределы установленных предельно допустимых норм.

Катионно-анионный состав вод из Москвы-реки, анализированный по содержанию гидрокарбонат-, сульфат- и хлорид-анионов, в целом оказался приемлемым для вод Нечерноземной полосы России [1, с. 24–28; 11, с. 519] и не отличался существенными колебаниями в продолжение своего водотока. В частности, содержание гидрокарбонатов достигало 167 мг/л, что соответствовало 33% от установленной ПДК, содержание сульфатов – 206–255 мг/л (41–51% от ПДК), а концентрация хлоридов – 38–40 мг/л (11% от ПДК). Здесь важно отметить несколько повышенную вариабельность по содержанию  $\text{HCO}_3^-$ -иона, достигавшую 16–30%, а также по содержанию  $\text{SO}_4^{2-}$ -иона, достигавшую 47–64%. Чего нельзя сказать про статистическое варьирование концентрации хлорид-ионов в водах, которое было в пределах 10% и на протя-

жении Москвы-реки в городском округе существенно не изменялось. Очевидно, что данные гидрохимические характеристики подвержены антропогенному изменению, вследствие чего требуют отдельного экологического изучения в части выявления источников, потенциально влияющих на уровень их значений.

Уровень содержания в водах водотока биогенных элементов (катион  $\text{NH}_4^+$ , анионы  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{PO}_4^{3-}$ ) имел свои эколого-гидрохимические особенности (табл. 2). Так, относительно повышенными значениями характеризовались концентрации аммонийного азота, которые в городских пределах течения реки изменялись от 0,60 мг/л (32% от ПДК) до 1,45 мг/л (76% от ПДК). Уровень содержания нитратной формы азота, наоборот, был относительно заниженным и варьировал от 0,44 до 3,35 мг/л, что составляло соответственно 0,9–7,4% от установленной нормы. Концентрация фосфат-анионов в водах также оказалась достаточно низкой – в диапазоне 0,07–0,41 мг/л (2–12% от ПДК). Здесь важно отметить, что в отличие от иных показателей эколого-гидрохимического состояния водотока пространственная вариабельность содержания рассматриваемых биогенных веществ была на достаточно высоком уровне (13–24% по  $\text{NH}_4^+$ , 8–65% по  $\text{NO}_3^-$  и 14–95% по  $\text{PO}_4^{3-}$ ).

Таблица 2

Уровень концентрации основных биогенных веществ и показателей биохимического состояния воды из Москвы-реки

№ точки	Состав воды по биогенным макрокомпонентам и биохимические свойства, мг/л											
	$\text{NH}_4^+$		$\text{NO}_3^-$		$\text{PO}_4^{3-}$		ХПК <sub>ПЕРМ.</sub>		Раств. O <sub>2</sub>		БПК <sub>7</sub>	
	X-ср.	V, %	X-ср.	V, %	X-ср.	V, %	X-ср.	V, %	X-ср.	V, %	X-ср.	V, %
1	0,90	24	2,29	34	0,14	22	8,5	49	9,04	2	6,24	9
2	1,26	15	0,44	65	0,07	60	1,6	26	8,88	1	6,93	1
3	0,93	23	2,57	8	0,16	26	14,1	2	8,96	6	6,96	11
4	0,95	23	1,84	8	0,09	95	5,5	3	8,96	1	6,21	3
5	1,26	14	2,88	51	0,13	14	17,9	8	8,80	2	6,70	2
6	0,91	22	3,35	8	0,14	80	18,3	30	8,56	1	4,96	4
7	1,08	17	2,19	22	0,41	56	6,8	48	8,32	1	6,17	5
8	1,24	16	1,26	10	0,13	21	10,6	80	8,88	3	6,88	6
9	1,27	18	1,71	31	0,20	85	3,6	31	8,24	1	6,29	1
10	1,11	24	1,81	18	0,08	76	6,4	23	9,68	1	7,73	3
11	0,60	13	2,08	15	0,19	81	12,2	11	9,31	5	7,21	7
12	1,45	23	3,26	26	0,06	64	12,0	19	8,96	3	6,56	4
<b>ПДК</b>	<b>1,9</b>		<b>45</b>		<b>3,5</b>		<b>5,0</b>		<b>&gt; 4,0</b>		<b>3,0 / 6,0</b>	

Данные характеристики в целом могут свидетельствовать о наличии техногенного воздействия на состав Москвы-реки в пределах городской агломерации в виде сброса нормативно-очищенных сточных вод, которые неизбежно будут содержать определенные концентрации биогенных элементов [8, с. 52–53; 9].

Косвенным подтверждением не только присутствия биогенных веществ в водах, но и протекающих процессов химической и микробиологической трансформации органических веществ как природных, так и привнесенных водных примесей является достаточно высокий уровень показателей химического ( $XPK_{\text{ПЕРМ}}$ ) и биологического ( $BPK_7$ ) потребления кислорода. В частности, уровень перманганатной окисляемости воды по всем точкам отбора проб оказался выше установленной нормы в 1,1–3,7 раза за исключением значений по точке 2 (32% от ПДК) и точке 9 (72% от ПДК).

Такие данные могут свидетельствовать о тенденциях присутствия в водах легкоокисляемых органических веществ различного происхождения. Уровень биологического потребления кислорода, характеризующий микробиологическую активность разложения органических примесей в природных водах, варьировал от 83% ПДК (точка 6) до 129% от ПДК (точка 10), что, в свою оче-

редь, напрямую свидетельствует об очень активном протекании процессов биохимической трансформации органических веществ в водной среде, проводимых водообитающими микроорганизмами. Данным процессам способствует высокое содержание растворенного кислорода в водах реки (до 9,04–9,68 мг/л), что, с другой стороны, говорит о высокой самоочищающей способности водотока и в целом об относительно благополучном состоянии реки в пределах городской территории [3, с. 56, 65; 11, с. 34, 130, 180; 15].

Согласно данным табл. 3 в водах Москвы-реки закономерно присутствовал определенный уровень содержания общего железа, варьирующий от 21 до 58% от ПДК. Здесь нужно отметить, что данный элемент относится к одним из основных элементов геохимического фона гидрологических объектов Нечерноземной зоны, а его относительно невысокие концентрации являются нормой, поскольку закономерно присутствуют во всех пресных водных объектах территории Южной тайги [1, с. 24–29; 11, с. 170–171, 332–333].

Содержание меди в водах водотока может характеризоваться смешанным генезисом, поскольку данный элемент также присутствует в пресных водах территории смешанных и хвойных лесов, в особенности с болотным типом формирования микрорельефа.

**Таблица 3**

Уровень концентрации приоритетных экотоксикантов в водах Москвы-реки

№ точки	Содержание некоторых тяжелых металлов, железа и мышьяка, мг/л			
	Zn	Cu	Fe (общее)	As
	$X_{\text{ср.}} \pm S_{X_{\text{ср.}}}$ *	$X_{\text{ср.}} \pm S_{X_{\text{ср.}}}$	$X_{\text{ср.}} \pm S_{X_{\text{ср.}}}$	$X_{\text{ср.}} \pm S_{X_{\text{ср.}}}$
1	1,36 ± 0,50	0,56 ± 0,16	0,16 ± 0,05	0,0005 ± 0,0002
2	0,51 ± 0,19	0,21 ± 0,06	0,15 ± 0,04	0,0006 ± 0,0003
3	0,56 ± 0,21	0,23 ± 0,07	0,25 ± 0,03	0,0006 ± 0,0003
4	0,61 ± 0,22	0,25 ± 0,07	0,17 ± 0,02	0,0003 ± 0,0001
5	0,90 ± 0,33	0,37 ± 0,11	0,23 ± 0,03	0,0003 ± 0,0001
6	0,90 ± 0,33	0,37 ± 0,11	0,26 ± 0,04	<i>н.п.о.</i> **
7	1,14 ± 0,42	0,47 ± 0,14	0,36 ± 0,04	0,0009 ± 0,0004
8	1,26 ± 0,47	0,52 ± 0,15	0,07 ± 0,01	<i>н.п.о.</i>
9	1,21 ± 0,45	0,50 ± 0,15	0,19 ± 0,02	0,0004 ± 0,0002
10	1,41 ± 0,52	0,58 ± 0,17	0,11 ± 0,02	0,0003 ± 0,0001
11	1,14 ± 0,42	0,47 ± 0,14	0,28 ± 0,07	<i>н.п.о.</i>
12	1,36 ± 0,50	0,56 ± 0,16	0,13 ± 0,02	0,0003 ± 0,0001
<b>ПДК</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,3</b>	0,01

Примечание: \* – среднее значение показателя ± стандартное отклонение показателя; \*\* – исследуемый показатель ниже предела обнаружения (н.п.о.) в соответствии с использованной методикой.

Таблица 4

Уровень концентрации базовых элементов геохимического фона  
в водах Москвы-реки

№ точки	Элементы геохимического фона пресных вод Нечерноземной зоны, мг/л				
	Si	K	Ca	Mg	B
	$\bar{X}_{\text{ср.}} \pm S_{\text{ср.}}$	$\bar{X}_{\text{ср.}} \pm S_{\text{ср.}}$	$\bar{X}_{\text{ср.}} \pm S_{\text{ср.}}$	$\bar{X}_{\text{ср.}} \pm S_{\text{ср.}}$	$\bar{X}_{\text{ср.}} \pm S_{\text{ср.}}$
1	0,0625±0,0150	0,0796±0,0191	0,7170±0,1721	0,1835±0,0440	0,0014±0,0005
2	0,0279±0,0067	0,0434±0,0104	0,5158±0,1238	0,1106±0,0265	0,0008±0,0003
3	0,0239±0,0057	0,0854±0,0205	1,0559±0,1689	0,2619±0,0629	0,0010±0,0003
4	0,0500±0,0120	0,0613±0,0147	0,6498±0,1560	0,1686±0,0405	0,0005±0,0002
5	0,0706±0,0169	0,1230±0,0295	1,1124±0,1780	0,2752±0,0660	0,0007±0,0002
6	0,0685±0,0164	0,0987±0,0237	0,9829±0,2359	0,2308±0,0554	0,0006±0,0002
7	0,0708±0,0170	0,1314±0,0315	1,2030±0,1925	0,2811±0,0675	0,0006±0,0002
8	0,0483±0,0116	0,0958±0,0230	0,6983±0,1676	0,1673±0,0402	0,0005±0,0002
9	0,0288±0,0069	0,1012±0,0243	0,8601±0,2064	0,2053±0,0493	<i>н.п.о.</i>
10	0,0325±0,0078	0,0651±0,0156	0,5514±0,1323	0,1362±0,0327	<i>н.п.о.</i>
11	0,0772±0,0185	0,1414±0,0339	1,3506±0,2161	0,2918±0,0700	0,0008±0,0003
12	0,0195±0,0047	0,0385±0,0092	0,4026±0,0966	0,1007±0,0242	<i>н.п.о.</i>
<b>ПДК</b>	<b>10</b>	<b>50*</b>	<b>200</b>	50	0,5

Примечание: \* – 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».

В табл. 4 представлены концентрации элементов геохимического фона в водах реки, типичного для пресных вод Нечерноземной полосы России. Здесь нужно отметить, что закономерно было обнаружено присутствие таких металлов, как кальций (от 0,4026 до 1,3506 мг/л) и магний (от 0,1007 до 0,2918 мг/л), а также очень низкие концентрации калия (от 0,0434 до 0,1414 мг/л) и кремния (от 0,0195 до 0,0708 мг/л).

Здесь нужно сказать, что уровень концентрации меди плавно увеличивался к нижней части Москвы-реки в пределах МКАД (в т. 2 – 0,21 мг/л, а в т. 12 – 0,56 мг/л) и в общей совокупности не превышал 21–58% от установленной нормы. Концентрация цинка также увеличивалась от 2-й до 12-й точек отбора проб (от 0,51 до 1,36 мг/л) и, начиная с 7-й точки отбора вниз по течению, превышала норму ПДК соответственно на 14–36%. Содержание мышьяка, нетипичного для природных водоносных объектов данной территории, в зависимости от точки отбора находилось на уровне 3–9% от ПДК, в трех точках (точки 6, 8 и 11) элемент не был обнаружен. Какой-либо тенденции в равномерности его концентраций в водах Москвы-реки также выявлено не было.

Резюмируя анализ геохимического фона Москвы-реки, нужно отметить, что присутствие данных элементов характерно для гидрокарбонатных и сульфатно-гидрокарбонатных проточных вод низкой степени минерализации, которые составляют большую часть водотоков Русской равнины, в особенности ее северной территории [1, с. 24–29; 2, с. 104–117; 4].

В водах Москвы-реки также был обнаружен бор в ультранизких концентрациях (до 0,3% от ПДК), которые могут быть обусловлены как природными, так и в основном антропогенными факторами. В целом по пространственной вариабельности содержания базовых элементов геохимического фона вод водотока каких-либо определенных тенденций установлено не было, данные элементы встречаются закономерно, уровень их концентрации может быть подвержен влиянию со стороны техногенеза, а диапазон варьирования подчинен в том числе и сезонной динамике.

#### Заключение

В работе были представлены результаты первичных эколого-гидрохимических и геохимических исследований воды Мо-

сквы-реки из части русла, протекающего по территории Московской городской агломерации. Нужно обозначить, что в целом согласно проведенным исследованиям часть водного объекта, находящаяся в значительной по размерам зоне потенциально-хронического воздействия от разнообразной антропогенной деятельности, обладает относительно благополучными эколого-гидрохимическими свойствами – нейтральной реакцией среды, низкой и средней степенью общей минерализации, средним уровнем карбонатной жесткости, относительно повышенными концентрациями сульфатов и аммония, и низкими – хлоридов, нитратов и полифосфатов. Увеличенные значения перманганатной окисляемости комплекментарны уровню биологического потребления кислорода в водах и сопровождаются присутствием оптимальных для сезона пробоотбора концентраций растворенного кислорода. Такие данные свидетельствуют о закономерном протекании процессов биохимической трансформации различных органических веществ и о наличии активных процессов самоочищения водотока. Присутствие несущественных концентраций цинка, меди и мышьяка в водах закономерно согласуется с антропогенными условиями функционирования реки в черте экологического каркаса мегаполиса, а содержание в водах элементов геохимического фона подтверждает естественное происхождение катионно-анионной базы в общем геоэкологическом составе пресных природных вод Нечерноземной зоны.

Полученные результаты исследований описывают типичное эколого-гидрохимическое и геохимическое состояние естественных водных объектов Русской равнины Европейской части России, в том числе пребывающих в условиях постоянной антропогенной нагрузки. При проведении регионального экологического мониторинга водных объектов Московского региона нужно учитывать не только единовременные результаты исследований, но и постоянно проводить экологические изыскания

водных объектов в условиях функционирующего техногенно-экологического каркаса города, в том числе на примере Москвы-реки, ее малых притоков и водоемов в различной динамике.

### Список литературы

1. Бочкарев А.В., Багнавец Н.Л., Жевнеров А.В., Дмитриевская И.И., Белопухов С.Л. Химия воды. М.:Юрайт, 2023. 102 с.
2. Алексеенко В.А. Геоэкология: экологическая геохимия. Ростов н/Д: Феникс, 2017. 685 с.
3. Ивашкина И.В., Кочуров Б.И. Урбоэкодиагностика и сбалансированное развитие. М.: ИНФРА-М, 2017, 215 с.
4. Козлов А.В., Уромова И.П. Уровень эколого-гидрохимических свойств воды Волги и Оки в условиях городской территории // Успехи современного естествознания. 2020. № 12. С. 92–97.
5. Несговорова Н.П., Савельев В.Г. Комплексный анализ качества воды реки Тобол и Курганского водохранилища // Успехи современного естествознания. 2023. № 2. С. 47–57.
6. Окрут С.В., Зеленская Т.Г., Степаненко Е.Е., Коровин А.А., Халикова В.А. Оценка влияния малых водотоков на гидрохимические и гидробиологические показатели реки Подкумок // Успехи современного естествознания. 2023. № 2. С. 58–64.
7. Лихачева Э.А. Экологические хроники Москвы. М.: Медиа-Пресс, 2007. 304 с.
8. Нерешенные экологические проблемы Москвы и Подмосковья / Под ред. Р.М. Дьячкова и др. М.: Медиа-Пресс, 2012. 400 с.
9. Яшин И.М., Васнев И.И., Гареева И.В., Черников В.А. Экологический мониторинг вод Москвы-реки в столичном мегаполисе // Известия ТСХА. 2015. № 5. С. 8–25.
10. Зарубина А.П., Толпышева Т.Ю., Сорокина Е.В. Экотоксикологическая оценка состояния городской среды на примере мегаполиса Москвы // Социально-экологические технологии. 2018. № 2. С. 34–51.
11. Никаноров А.М., Иваник В.М. Словарь-справочник по гидрохимии и качеству вод суши (понятия и определения). Ростов-на-Дону, 2014. 548 с.
12. Рыков Р.А., Урбанова О.Н., Горшкова А.Т., Семанов Д.А., Бортникова Н.В. Характеристика качественного состава вод малых рек Нижнекамского муниципального района Республики Татарстан // Успехи современного естествознания. 2022. № 10. С. 69–74.
13. Горанова О.А., Атрощенко Л.А., Быкова М.В. Комплексное благоустройство городских территорий Москвы. Социальное, инженерное и экологическое благоустройство. М.: МГУУ Правительства Москвы, 2019. 264 с.
14. Козлов А.В. Оценка экологического состояния почвенного покрова и водных объектов: учебно-методическое пособие. Н. Новгород: Мининский университет, 2016. 146 с.
15. Качалова Г.С. Анализ изменения показателей качества воды от водозабора до потребителя // Успехи современного естествознания. 2022. № 2. С. 66–70.