

РАЗДЕЛ II

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 504.06

DOI: 10.18384/2310-7189-2017-4-76-86

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА ПО ИХ МАКРОКОМПОНЕНТНОМУ СОСТАВУ

Ворончихина К.А.¹, Петренко Д.Б.^{1,2}, Васильев Н.В.¹

¹ *Московский государственный областной университет
105005, г. Москва, ул. Радио, 10А, Российская Федерация*

² *Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии
РАН*

119017, г. Москва, Старомонетный пер, 35, Российская Федерация

Аннотация. Представлены результаты изучения макрокомпонентного состава 57 образцов природных вод из десяти рек, трех прудов и трех озер урбанизированных территорий Московского региона. С использованием титриметрического, спектрофотометрического, кондуктометрического и потенциометрического методов анализа определены общая минерализация, общая щелочность, общая жесткость, цветность, содержание нитрат-, хлорид- и фосфат- анионов и катиона аммония. Установлено, что придорожные поверхностные воды Московской области не накапливают нитрат, фосфат- и хлорид-ионы и ион аммония в концентрациях, превышающих санитарно-гигиенические нормативы. Выявлено повсеместное превышение цветности исследованных образцов вод, что обусловлено накоплением органических соединений вымываемых из почв и донных отложений.

Ключевые слова: Московская область, придорожные территории, поверхностные воды, загрязненность вод.

ESTIMATION OF ENVIRONMENTAL STATE OF SURFACE WATERS OF URBANIZED TERRITORIES IN THE MOSCOW REGION BY THEIR MACROCOMPONENT COMPOSITION

K. Voronchihina¹, D. Petrenko^{1,2}, N.Vasil'ev¹

¹ *Moscow Region State University*

ul. Radio 10A, 105005 Moscow, Russian Federation

² *Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, Russian Academy of Sciences*

Staromonetnyi per. 35, 119017 Moscow, Russian Federation

Abstract. We report the results of the study of the macrocomponent composition of 57 samples of natural waters from ten rivers, three ponds and three lakes of urbanized territories of the Moscow region. Using the titrimetric, spectrophotometric, conductometric and potentiometric methods of analysis, the total mineralization, total alkalinity, total hardness, chromaticity, content of nitrate, chloride and phosphate anions and content of the ammonium cation are determined. It is found that the roadside surface waters of the Moscow region do not accumulate nitrate, phosphate and chloride ions and ammonium ions in concentrations exceeding the sanitary-hygienic standards. The ubiquitous excess of chromaticity of the water samples studied is revealed, which is due to the accumulation of organic compounds washed out from soils and bottom sediments.

Key words: Moscow region, roadside areas, surface water, macrocomponent composition.

Московский мегаполис оказывает существенное воздействие на водные объекты, что является предметом ряда исследований [6; 7; 12; 13]. Существенный вклад в загрязнение водных объектов вносят выбросы автотранспорта, приводящие к изменению физических и органолептических свойств, увеличению содержания хлоридов, сульфатов, нитратов, тяжелых металлов, уменьшению растворенного в воде кислорода воздуха, загрязнению полиароматическими соединениями, нефтепродуктами и легкоокисляющимися органическими веществами. Тяжелые металлы и токсичные вещества, поступающие со стоками, приводят к снижению водных объектов как среды обитания, делают непригодными для пользования человеком.

Целью настоящей работы явилось проведение эколого-химической оцен-

ки содержания макрокомпонентов в поверхностных водах Московской области.

Экспериментальная часть

Отбор проб осуществлялся в соответствии с ГОСТ 17.1.5.05-85. Всего в ходе исследования отобрано 57 проб природных вод из десяти рек, трех прудов и трех озер (рис.1). Координаты точек отбора проб приведены в табл. 1 и 2.

В каждом пункте отбирали несколько точечных проб воды на расстоянии 30–70 м друг от друга. На территории г. Мытищи проводили более подробные исследования, было отобрано 16 проб воды из реки Яуза. Пробы отбирали в пластиковую тару объемом 1 дм³ с глубины 0–30 см в соответствии с рекомендациями, приведенными в [3].



Рис. 1. Карто-схема отбора проб воды

Для потенциметрического определения нитрат- и хлорид-ионов, pH и Eh использовали pH-метр «Эксперт-001». Значения электродных потенциалов при ионометрических измерениях фиксировали с точностью $\pm 0,1$ мВ. Определение нитрат- и хлорид-иона в образцах вод проводили с использованием ионоселективных электродов ЭЛИС-121 и ЭЛИС-131 [10]. Для измерения pH растворов использовали рабочий стеклянный электрод и хлорид-серебряный электрод сравнения [11]. Для измерения Eh использовали рабочий платиновый электрод и хлорид-серебряный электрод сравнения [5]. Цветность определяли фото-

метрическим методом на фотометре «Эксперт 003» [8]. Определение общей жесткости и концентрации общей щелочности проводили титриметрическим методом [7]. Фосфат-ион и ион аммония определяли фотометрическими методами с использованием молибдата аммония и реактива Несслера на спектрофотометре Spekol-11 [9]. Определение общей минерализации проводили кондуктометрическим методом [1] с использованием кондуктометра «DIST 3».

Результаты и их обсуждение

Были определены основные показатели качества исследованных образцов

воды (табл. 1, 2). Для большинства исследованных образцов, значения рН находятся в диапазоне 6,5–8,5, что соответствует санитарно-гигиеническим требованиям (СанПиН 2.1.4.1074-01). В одном образце, отобранном из р. Москвы, пос. Беседы, значение рН незначительно превышает нормативы. У четырёх образцов, отобранных из реки Яуза, значения рН находятся ниже, чем 6,5, что может быть связано с процессами заболачивания этой реки, приводящему к накоплению в водах гуминовых и фульвокислот, снижающих рН речной воды до 5,5–6,0 [2].

Для большинства исследованных проб Eh составляет 380–465 мВ, что характерно для поверхностных вод с содержанием кислорода от 7 мг/дм³. Пробы, отобранные из реки Рожайки, характеризуются низким значением Eh, что, вероятнее всего, связано с загрязнением вод органическими веществами сельскохозяйственного происхождения, наличие которых может снижать Eh до очень низких значений. В пробах, отобранных из реки Яуза, значения Eh тоже достаточно низки, что может быть связано с накоплением органических соединений в ходе эвтрофикации.

Исследуемые образцы воды характеризуются значением общей минерализации от 97 до 900 мг/дм³. По общей минерализации все образцы соответствуют нормативу (до 1000 мг/дм³) и являются пресными водами.

Цветность исследуемых образцов в подавляющем большинстве случаев превышает норматив 20 град. Высокие значения цветности связаны, по всей вероятности, с вымыванием гуминовых и фульвокислот из почв и донных отложений. Этот факт может способ-

ствовать накоплению в водах придорожных территорий соединений тяжелых металлов, за счет их перехода в растворимые формы при образовании прочных комплексных соединений с гуминовыми и фульвокислотами [2].

Значение общей жесткости исследуемых образцов в большинстве случаев не превышает 7 ммоль/дм³, за исключением двух образцов, отобранных из реки Яуза. Места отбора проб находятся вблизи автотранспортных дорог с интенсивным движением. В нескольких исследованных образцах наблюдается повышенная щелочность, в четырех образцах - превышающая нормативы 6,5 ммоль/дм³. Превышение нормативов наблюдается в образцах, отобранных из реки Дубна, д. Сущево (7 ммоль/дм³), из реки Рожайка, с. Молоди (8 ммоль/дм³) и два образца из реки Яуза, г. Мытищи (8 и 8,2 ммоль/дм³), что может быть связано с химическими процессами выветривания и растворения карбонатных пород (известняков, мергелей, доломитов и др.), значительная часть гидрокарбонатных ионов поступают в поверхностные воды с атмосферными осадками и грунтовыми водами. Содержание гидрокарбонат-иона в исследованных образцах находится в диапазоне концентраций от 60 до 500 мг/дм³, что характерно для маломинерализованных вод.

В исследуемых образцах концентрация иона аммония не превышает нормативы 2,0 мг/дм³. Наибольшая концентрация, по сравнению с другими, наблюдается в двух образцах. Первый образец, с концентрацией ионов аммония 1,47 мг/дм³, отобран из реки Рожайка с. Молоди, второй образец, с концентрацией 1,55 мг/дм³, отобран из

реки Яуза г. Мытищи. Это может быть связано с процессами биохимической деградации белковых веществ, дезаминирования аминокислот, разложения мочевины под действием уреазы. Значительное количество ионов аммония поступает с атмосферными осадками, с поверхностными бытовыми, промышленными, лесохимическими и другими стоками. В некоторых случаях ионы аммония могут образовываться в результате анаэробных процессов восстановления нитратов и нитритов.

Концентрация нитрат-иона исследованных образцов не превышает норматив 45 мг/дм³. В двух образцах, взятых из реки Москвы, наблюдается повышенная концентрация нитрат-иона, по сравнению с другими образцами. Повышение концентрации нитрат-иона может быть связано с процессами, происходящими в самом водоеме, такими, как нитрификация,

т.е. окисление иона аммония в присутствии кислорода под действием нитрифицирующих бактерий; с накоплением органических азотсодержащих веществ, поступающих с бытовыми и сельскохозяйственными стоками.

При нанесении значений Eh и pH исследованных образцов на диаграмму зависимости Eh–pH для неорганических соединений азота, приведенную в [4], можно видеть, что преобладающей формой нахождения азота в исследованных водах должен быть нитрат-ион (рис. 2). Это полностью согласуется с данными проведенных анализов (см. табл.1 и 2), показывающих преобладание нитратной формы азота по сравнению с аммонийной во всех образцах. Интересно отметить, что полученное множество достаточно определенно разделяется на два кластера, соответствующих гидрохимическому состоянию либо водоемов, либо водотоков.

Таблица 1

Результаты определения основных показателей качества природных водоемов

№	Населенный пункт; Название водоема	Координаты точки отбора проб	pH	Eh	минерализация	цветность	Ж _{о.д.}	щелочность	Cl ⁻	PO ₄ ³⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
				мВ	мг/дм ³	град	ммоль/ дм ³	ммоль/ дм ³	мг/ дм ³	мг/ дм ³	мг/ дм ³	мг/ дм ³
1	г. Москва; Б. Перовский пруд	55.74219; 37.79379	8,09	425	97	80	3	1	7	<0,05	0,5	<0,04
2	г. Сергиев Посад; Келарский пруд	56.30339; 38.12508	8,26	312	343	50	0,6	5	13	0,04	2,5	0,18
3		56.30545; 38.12823	8,09	333	339	62	1,2	5,2	27	0,18	13,9	<0,04
4		56.30615; 38.13056	8,28	389	333	80	0,2	6	13	0,12	5,0	0,19
5	г. Серпухов; Левашовский пруд	55.94535; 37.51849	7,91	457	246	457	3,8	4,4	37	0,54	3,7	0,22
6		55.949058; 37.52712	7,83	526	315	<10	4,4	5,4	32	<0,05	2,5	0,19
7	пос. Новый городок; Медвежьи озера	56.52892; 37.60773	7,94	446	218	<10	2,3	3	36	<0,05	1,1	0,15
8		55.83661; 37.94510	8,22	407	202	105	2,4	2,6	31	<0,05	1,2	0,4
9	г. Москва; оз. Белое	55.71996; 37.85061	6,91	383	374	65	6,2	4	48	<0,05	4,9	0,17
10	г. Москва; оз. Черное	55.72388; 37.84435	8,02	419	174	132	3,6	2,8	59	<0,05	2,3	0,18
ПДК*			6,5-7,5	-	1000	20	7	6,5	350	3,5	45	2,0

* Нормативы СанПиН 2.1.4.1074-01

Таблица 2

Результаты определения основных показателей качества природных водотоков

№	Населенный пункт/ Название водотока	Координаты точки отбора проб	pH	Eh мВ	минерализация мг/дм ³	цветность град	Ж _{св.} ммоль/дм ³	щелочность ммоль/дм ³	Cl ⁻ мг/дм ³	PO ₄ ³⁻ мг/дм ³	NO ₃ ⁻ мг/дм ³	NH ₄ ⁺ мг/дм ³
2	д. Вербилки; р. Дубна	56.52892; 37.60773	7,2	459	400	196	6	6	26	<0,05	1,7	0,19
3	д. Вотря; р. Дубна	56.59029; 37.52958	7,21	463	384	35	5,2	6,2	56	<0,05	6,5	<0,04
4		55.88951; 37.71070	7,64	435	683	190	7	6,4	72	<0,05	6,9	<0,04
5	г. Москва; р. Ичка	55.88854; 37.69053	7,7	430	702	175	6	5,2	113	0,33	11,1	0,32
6		55.88480; 37.71794	7,26	434	481	182	5	4,8	74	<0,05	2,3	0,3
7		55.92319; 37.99491	8	440	274	28	3,4	5,8	32	0,11	3,3	0,2
8	г. Шелково; р. Клязьма	55.91630; 38.04810	7,74	448	384	29	4,2	4	75	0,52	15,4	<0,04
9		55.91153; 38.10774	7,73	452	268	23	3,2	5,4	16	<0,05	1,6	0,18
10		55.93500; 37.86778	7,55	412	332	<10	3,6	4,4	17	<0,05	7,9	0,18
11	р. Клязьма г. Королев	55.93139; 37.87083	7,87	465	252	37	3,7	3,6	10	<0,05	2,4	<0,04
12		55.94824; 37.87309	7,86	456	241	32	3,6	4	19	<0,05	1,7	0,17
13		55.83973; 38.28399	7,27	461	396	44	5,2	4	27	0,7	1,6	0,16
14	д. Обухово; р. Клязьма	55.83945; 38.28329	7,07	464	406	309	4,6	4,6	66	<0,05	14,1	0,19
15		55.83914; 33.28283	7,26	459	382	7	5,4	4,2	19	0,69	6,0	0,19
16		55.14122; 37.45095	7,73	432	429	149	5,8	6,2	20	<0,05	4,8	<0,04
17	г. Чехов; р. Лопасня	55.13928; 37.45136	6,6	444	436	8	6	5,6	21	<0,05	3,5	0,17
18		55.13916; 37.45606	7,64	442	423	414	6,4	6	19	0,22	3,2	<0,04
19		55.62276; 37.79215	7,61	446	403	80	4,6	4,4	39	0,23	21,6	<0,04
20	пос. Беседы; р. Москва	55.61972; 37.79472	7,58	465	408	16	4,2	4	41	<0,05	18,4	0,19
21		55.61472; 37.79555	7,63	432	631	182	7	6,2	66	0,12	13,8	0,26
22		55.72388; 37.84435	6,86	445	437	45	5	3,4	26	0,33	4,4	0,13
23	д. Любаново; р. Нара	56.00958; 37.85654	7,89	472	382	<10	4,4	6	32	<0,05	2,0	<0,04
24		56.00308; 37.86980	8,58	392	412	<10	3,2	4,4	58	<0,05	4,0	0,41

25	г. Балашиха; р. Пехорка	55.87574; 37.99818	7,61	405	380	40	4,6	3,6	121	0,66	13,3	<0,04
26	с. Молоди; р. Рожайка	55.16330; 37.30350	6,82	291	384	26	4,8	3,8	61	1,15	5,2	0,19
27		55.16390; 37.30570	6,58	201	402	35	5	8	74	0,6	1,8	1,47
28		55.16270; 37.31150	6,88	235	397	<10	4,4	4,4	33	0,59	7,7	<0,04
29		55.44548; 36.60965	7,69	465	335	<10	4,4	4,6	17	<0,05	8,7	0,21
30	г. Пушкино; р. Серебрянка	54.95090; 37.53224	6,7	468	312	<10	2,6	5,6	12	<0,05	1,7	0,22
31		55.44859; 36.52642	7,35	526	242	<10	4,4	3	14	<0,05	2,9	0,12
32		55.89802; 37.71276	7,63	428	377	24	5,8	5,2	28	<0,05	3,3	0,11
33		55.89723; 37.72776	7,56	430	397	43	6,9	5	78	<0,05	2,3	<0,04
34		55.74860; 37.64333	5,75	435	570	61	7,2	5	28	<0,05	3,2	0,53
35		55.90960; 37.75480	7,58	415	393	105	6	4,6	30	<0,05	2,8	0,18
36		55.90990; 37.75120	7,07	119	358	138	5,4	4,6	25	0,27	4,6	0,26
37		55.90217; 37.73148	7,59	409	350	102	5	4,8	64	0,8	1,4	0,23
38		55.90834; 37.76776	5,91	452	387	104	5	4,6	29	<0,05	2,2	0,33
39		г. Мыгищи р. Яуза	55.90741; 37.74441	5,92	444	354	96	5,2	4,8	19	<0,05	3,5
40	55.90730; 37.76891		6,73	421	380	97	5,4	5,2	27	<0,05	2,5	<0,04
41	55.89472; 37.68512		7,86	431	527	27	5,8	6,4	26	<0,05	2,6	0,14
42	55.90433; 37.73761		7,71	410	402	134	5,2	4,6	27	<0,05	3,3	<0,04
43	55.90474; 37.73834		6,14	462	902	44	7,6	4,4	13	0,16	9,7	0,12
44	55.90210; 37.73147		7,26	424	372	103	5	4,8	29	<0,05	2,8	1,55
45	55.89500; 37.68528		7,38	133	644	177	7	8	53	0,39	6,3	0,19
46	55.89639; 37.68611		7,22	117	665	282	7	8,2	50	0,19	1,3	<0,04
47	55.89694; 37.68750		7,92	381	683	41	6,8	4	26	0,23	3,0	<0,04
	ПДК*		6,5-7,5	-	1000	20	7	6,5	350	3,5	45	2,0

* Нормативы СанПиН 2.1.4.1074-01

Концентрация фосфат-иона в исследуемых образцах не превышает нормативы. Наибольшая концентрация 1,15 мг/дм³, наблюдается в образце, взятом из р. Рожайка с. Молоди. Концентрация фосфат-иона зависит от соотношения интенсивности процессов фотосинте-

за и биохимического разложения органических веществ. Возможным источником накопления фосфора может являться его использование в составе минеральных удобрений, поскольку на берегу р. Рожайка ведется активная сельскохозяйственная деятельность.

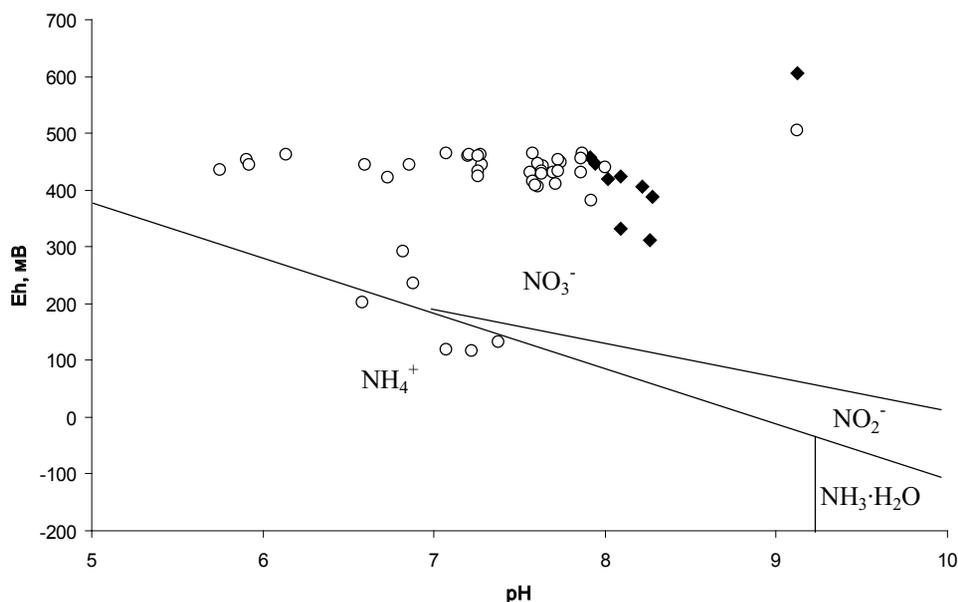


Рис. 2. Расположение исследованных образцов на диаграмме Eh – pH для неорганических соединений азота.

В исследуемых образцах концентрация хлорид-иона не превышает нормативы 350 мг/дм³. Однако необходимо отметить две точки с наибольшими концентрациями ионов хлора, по сравнению с другими пробами. К ним относятся вода, отобранная из реки Ичка, г. Москва, с концентрацией хлорид-ионов 113 мг/дм³ и образец, взятый из реки Пехорка, г. Балашиха, с концентрацией 121 мг/дм³. В случае реки Ичка можно предположить, что повышенная концентрация хлорид-иона может быть связана с поступле-

нием в нее стоков с расположенной рядом МКАД.

В случае р. Рожайка это предположение подтверждается наличием повышенных содержаний фосфат-иона, иона аммония и низким окислительно-восстановительным потенциалом, что характерно для рек, загрязняемых сельскохозяйственными стоками.

Результаты изучения макрокомпонентного состава и важнейших гидрохимических показателей шестнадцати водных объектов Московского региона позволяют сделать следующие выводы.

1. Поверхностные воды урбанизированных территорий Московского региона в исследованном периоде не накапливали нитрат-, фосфат- и хлорид-ионы и ион аммония в концентрациях, превышающих санитарно-гигиенические нормативы.

2. Выявлено повсеместное превышение цветности исследованных образцов вод, что, по всей видимости,

обусловлено накоплением гуминовых и фульвокислот, вымываемых из почв и донных отложений.

3. Преобладающей формой азота для поверхностных вод урбанизированных территорий вод Московского региона является нитрат-ион, что обусловлено его высокой термодинамической стабильностью при значениях Eh и pH, характерных для изученных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варшал Г.М., Кощеева И.Я., Сироткина И.С., Велюханова Т.К., Инцкирвели Л.Н., Замонина Н.С.. Изучение органических веществ поверхностных вод и их взаимодействие с ионами металлов // *Геохимия*. 1979. № 4. С. 598.
2. [ГОСТ 31861-2012]. Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 2013. 32 с.
3. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. *Геохимия подземных вод: теоретические, прикладные и экологические аспекты*. М.: ЦентрЛитНефтегаз, 2012. 671 с.
4. Мидгли Д., Торренс К. *Потенциометрический анализ воды*. М. Мир, 1980. 519 с.
5. Петренко Д.Б., Гладнева О.А., Ворончихина К.А., Васильев Н.В. Содержание фторид-ионов в поверхностных водах урбанизированных территорий Московского региона // *Теоретическая и прикладная экология*. 2017. № 3. С. 65–72.
6. Попов А.Н., Павлюк Т.Е., Мухутдинов В.Ф., Ушакова О.С., Фоминых А.С., Бутакова Е.А. Оценка экологического состояния малой реки Рожайки (в Подмоскowie) // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2014. № 5. С. 97–118.
7. Резников А.А., Муликовская Е.П., Соколов И.Ю. *Методы анализа природных вод*. М.: Недра, 1970. 488 с.
8. [РД 52.24.497-95]. *Методические указания. Методика выполнения измерений цветности поверхностных вод суши фотометрическим методом*. Ростов-на-Дону: Гидрохимический институт, 1995. 7 с.
9. Семенов А.Д. *Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши*. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 541 с.
10. [ФР.1.31.2005.01774]. *Методика выполнения измерений водородного показателя (рН), общей жесткости, массовых концентраций Cl⁻, Br⁻, I⁻, F⁻ и др. ионов в водных средах методом потенциометрии*. М.: Эконикс-эксперт, 2005. 127 с.
11. Шаповалов Д.А., Груздев В.С., Балоян Б.М., Ухоботина Е.В., Хромов В.М. Тяжелые металлы в малых водоемах Подмоскowie // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2009. № 6. С. 20–23.
12. Яшин И.М., Васенев И.И., Гареева И.В., Черников В.А. Экологический мониторинг вод Москы-реки в столичном Мегалополисе // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2015. № 5. С. 8–25.
13. Atekwana E.A., Atekwana E.A., Rowe R.S., Werkema D.D., Legall F.D. The relationship of total dissolved solids measurements to bulk electrical conductivity in an aquifer contaminated with hydrocarbon // *Journal of Applied Geophysics*. 2004. Vol. 56. P. 281–294.

REFERENCES

1. Varshal G.M., Koshcheeva I.Ya., Sirotkina I.S., Velyukhanova T.K., Intskirveli L.N., Zamolina N.S. [Study of organic substances in surface waters and their interaction with metal ions]. *Geokhimiya*, 1979, no. 4, pp. 598.
2. [GOST 31861-2012]. [Water. General requirements for sampling]. Moscow, Standartinform Publ., 2013. 32 p.
3. Krainov S.R., Ryzhenko B.N., Shvets V.M. [Geochemistry of groundwater: theoretical, applied and ecological aspects]. Moscow, TSentr-LitNeftegaz Publ., 2012. 671 p.
4. Midgley D., Torrance K. [Potentiometric water analysis]. Chichester, New York, Wiley, 1978. 409 p.
5. Petrenko D.B., Gladneva O.A., Voronchikhina K.A., Vasil'ev N.V. [Content of fluoride ion in surface waters of urbanized territories in the Moscow region]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya* [Theoretical and applied ecology], 2017, no. 3, pp. 65–72.
6. Popov A.N., Pavlyuk T.E., Mukhutdinov V.F., Ushakova O.S., Fominykh A.S., Butakova E.A. [Evaluation of the ecological state of the small river Rozhayka (in the suburbs)]. *Vodnoe khozyaistvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie* [Water sector of Russia: problems, technologies, management], 2014, no. 5, pp. 97–118.
7. Reznikov A.A., Mulikovskaya E.P., Sokolov I.Yu. [Methods of analysis of natural waters]. Moscow, Nedra Publ., 1970. 488 p.
8. [RD 52.24.497-95]. [Methodical instructions. Technique for measuring chromaticity of surface waters by the photometric method]. Rostov-on-don, Gidrokhimicheskii institut Publ., 1995. 7 p.
9. Semenov A.D. [Manual on chemical analysis of surface waters]. L., Gidrometeoizdat Publ., 1977. 541 p.
10. [FR.1.31.2005.01774]. [The method for measuring hydrogen ion exponent (pH), total hardness, mass concentrations of Cl⁻, Br⁻, I⁻, F⁻ and other ions in aqueous media by the potentiometric method]. Moscow, Ekoniks-ekspert Publ., 2005. 127 p.
11. Shapovalov D.A., Gruzdev V.S., Baloyan B.M., Ukhobotina E.V., Khromov V.M. [Heavy metals in small waterbodies of the Moscow region]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo*, 2009, no. 6, pp. 20–23.
12. Yashin I.M., Vasenev I.I., Gareeva I.V., Chernikov V.A. [Environmental monitoring of waters of the river Moskva in the capital]. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Izvestia of Timiryazev agricultural Academy], 2015, no. 5, pp. 8–25.
13. Atekwana E.A., Atekwana E.A., Rowe R.S., Werkema D.D., Legall F.D. [The relationship of total dissolved solids measurements to bulk electrical conductivity in an aquifer contaminated with hydrocarbon]. *Journal of Applied Geophysics*, 2004, vol. 56, pp. 281–294.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ворончихина Ксения Андреевна – студент-магистрант биолого-химического факультета Московского государственного областного университета;
e-mail: voronchikhina.ksenia@yandex.ru

Петренко Дмитрий Борисович – старший преподаватель кафедры теоретической и прикладной химии Московского государственного областного университета; младший научный сотрудник лаборатории анализа минерального вещества Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук;
e-mail: DBPetrenko@yandex.ru

Васильев Николай Валентинович – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической и прикладной химии биолого-химического факультета Московского государственного областного университета
e-mail: nikolai-vasiliev@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ksenai A. Voronchikhina – undergraduate student of the Faculty of Biology and Chemistry at the Moscow Region State University;
e-mail: voronchikhina.ksenia@yandex.ru

Dmitry B. Petrenko – senior lecturer of the Department of Theoretical and Applied Chemistry of the Faculty of Biology and Chemistry at the Moscow Region State University; junior researcher of the Laboratory for the Analysis of Mineral Substances at the Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, Russian Academy of Sciences;
e-mail: DBPetrenko@yandex.ru

Nikolay V. Vasiliev – Doctor of Chemical Sciences, professor, head of the Department of Theoretical and Applied Chemistry of the Faculty of Biology and Chemistry at the Moscow Region State University;
e-mail: nikolai-vasiliev@mail.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Ворончихина К.А., Петренко Д.Б., Васильев Н.В. Оценка экологического состояния поверхностных вод урбанизированных территорий Московского региона по их макрокомпонентному составу // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2017. № 4. С. 76–86.
DOI: 10.18384/2310-7189-2017-4-76-86

FOR CITATION

K. Voronchihina, D. Petrenko, N. Vasil'ev. Estimation of Environmental State of Surface Waters of Urbanized Territories in the Moscow Region by Their Macrocomponent Composition. In: *Bulletin of Moscow Region State University. Series: Natural sciences*, 2017, no. 4, pp. 76–86.
DOI: 10.18384/2310-7189-2017-4-76-86