

Содержание тяжелых металлов в водотоках города Липецк

И. В. Лебедев✉, И. З. Каманина, С. П. Каплина

Государственный университет «Дубна», Российская Федерация
(141982, Московская область г. Дубна, ул. Университетская, 19)

Аннотация: Целью настоящего исследования является мониторинг поверхностных водотоков в районе города Липецк: рек Матыра, Воронеж, Липовка и Матырского водохранилища. Отбор проб воды и донных отложений производился летом 2021 года.

Материалы и методы. Изучалось содержание тяжелых металлов 1 и 2 классов опасности (Pb, Cd, Zn, Cu Ni) и Fe_{общ} методом атомной абсорбции. Оценивалось загрязнение воды и донных отложений относительно санитарно-гигиенических и эколого-геохимических показателей.

Результаты и обсуждение. Максимальные содержания свинца и железа (общего), значительно превышающие предельно допустимыми концентрациями (ПДК) вредных веществ в воде водных объектов культурно-бытового водопользования, отмечается в реке Воронеж в пределах города Липецк. Концентрация тяжелых металлов в донных отложениях реки Воронеж в пределах города Липецк возрастает существенно по сравнению с рекой Матырой и рекой Воронеж выше по течению до города.

Выводы. Состояние воды в реке Воронеж в пределах города Липецк соответствует категории «Чрезвычайная экологическая ситуация». Состояние Матырского водохранилища и реки Матыра по содержанию тяжелых металлов соответствуют «относительно удовлетворительной ситуации».

Ключевые слова: загрязнение города Липецк, поверхностные водотоки, донные отложения, река Воронеж, тяжелые металлы.

Для цитирования: Лебедев И. В., Каманина И. З., Каплина С. П. Содержание тяжелых металлов в водотоках города Липецк // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2022, № 1, с. 74-82. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo.2022.1/9088>

ВВЕДЕНИЕ

Липецк входит в число десяти самых загрязненных городов России [6]. Металлургическая промышленность региона потребляет большое количество воды из реки Воронеж и Матырского водохранилища. От стационарных источников в атмосферу выбрасывается 270,3 тыс. тонн загрязняющих веществ, 80 % из них это выбросы Новолипецкого металлургического комбината (НЛМК) [6], которые также осаждаются в почвах и водотоках, вследствие чего попадают и в подземные воды.

Для нужд хозяйственно-питьевого водоснабжения Липецка используются подземные воды. Для питьевого водоснабжения используют, главным образом, воды четырех водоносных горизонтов: задонско-елецкого, неоген-четвертичного,

верхне-фаменского, евлановско-ливенского [10]. Несмотря на то, что в качестве источников водоснабжения населения города используются подземные воды, качество поверхностных источников нельзя оставлять без внимания для поддержания нормального функционирования экосистемы в целом. Поверхностные воды города Липецка не соответствуют гигиеническим требованиям по целому ряду органолептических, физико-химических и бактериологических показателей [16]. По данным федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды качество воды в реке Воронеж в створах выше города оценивается на уровне II класса (чистая), ниже города на уровне III класса (умеренно-загрязненная) [4].

Целью настоящего исследования является оценка экологического состояния поверхностных

© Лебедев И. В., Каманина И. З., Каплина С. П., 2022

✉ Лебедев Иван Владимирович, e-mail: lebedev.ru.com@yandex.ru



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

водотоков в городе Липецк по содержанию тяжелых металлов в воде и донных отложениях.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Город Липецк расположен в восточной части Среднерусской возвышенности в зоне умеренно-континентального климата. Липецкая область принадлежит к числу обеспеченных водными ресурсами регионов [9]. В черте города протекают реки Воронеж, Матыра, Липовка. Река Воронеж на территории города имеет протяженность 30 км. В 1967 году ниже по течению от Петровского моста сооружена дамба. В долине реки Воронеж организован заказник «Липецкий», который включает территорию города [8]. Река Матыра – левый приток реки Воронеж. Матырское водохранилище было создано на реке Матыра в 1976 году для нужд Новолипецкого металлургического завода. Оно протянулось от села Аннино до микрорайона «Новая Жизнь». После дамбы река вновь становится неширокой и протекает по болотистой местности [1]. Река Липовка (приток реки Воронеж), протяженностью 3,3 км дала название городу. Несмотря на то, что в настоящее время река обмелела и местами высохла, она активно

используется в городском благоустройстве, после Саперного спуска на реке создан Верхний пруд с фонтанами [18].

Отбор проб воды и донных отложений производился летом 2021 года в реке Воронеж и во впадающих в нее реках Матыра и Липовка в пределах и за пределами города Липецк, а также Матырском водохранилище (рис. 1). Одновременно производились полевые замеры pH и температуры воды.

Пробы воды отбирали в чистые (не использованные ранее) бутылки объемом 0,5 литра, консервировали азотной кислотой и доставляли в лабораторию. В пробах воды и донных отложений определяли содержание тяжелых металлов 1 и 2 классов опасности (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni) и Fe_{общ.}. Исследования проводились на базе эколого-аналитической лаборатории кафедры экологии и наук о Земле государственного университета «Дубна» по стандартным методикам, методом атомной абсорбции на приборе «Квант - 2а». Донные отложения, предварительно высушенные до воздушно-сухого состояния, растирали до состояния пудры, затем разлагали с помощью лабораторного автоклава в смеси кислот.

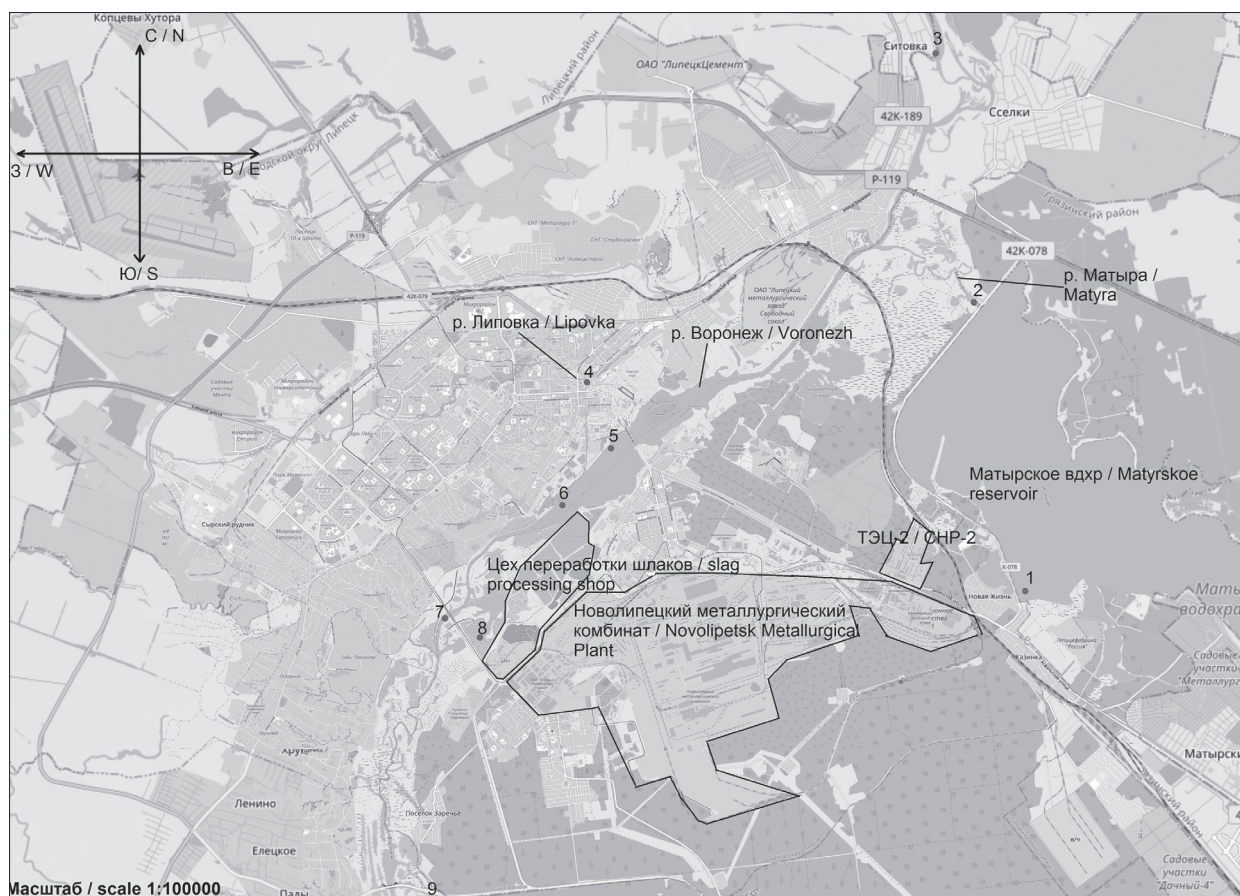


Рис. 1. Схема отбора проб из поверхностных водотоков
[Fig. 1. Sampling scheme from surface watercourses]

Результаты гидрохимического анализа поверхностных вод сравнивались с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) вредных веществ в воде водных объектов культурно-бытового водопользования [15]. Состояние донных отложений оценивалось относительно фоновых значений. Для оценки состояния донных отложений использовали эколого-геохимические показатели (суммарной показатель загрязнения). В качестве фона была принята точка № 2, расположенная на реке Матыра в границах заказника «Липецкий».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованные воды в поверхностных водотоках города Липецка по водородному показателю относятся к слабощелочным и щелочным. Только в точке 9 воды нейтральные. Температура воды во всех точках составила от 20,0 до 22,0 °С за исключением двух точек № 1 и № 8. Точка № 1 находилась в

Матырском водохранилище на участке с небольшой глубиной, что способствовало большему прогреванию (до 24 °С). В точке № 8 вода прогрелась до 25 °С, что может быть связано со слабым течением воды в заливе реки Воронеж, а также дополнительным нагревом природных вод обусловленным техногенным воздействием Цеха переработки металлургического шлака (ЦПМШ) НЛМК. По данным дешифрирования космоснимков (со спутника Landsat 8) приблизительная площадь территории цеха составляет 93 га, граница территории цеха находится на расстоянии около 120 м от залива реки Воронеж [3]. На данном шлакохранилище с 2015 года ведется охлаждение шлака по новой безводной технологии [20]. Вместе с тем часть тепла может рассеиваться в геологическую среду и почвенно-грунтовые воды, которые попадают в реку Воронеж. Результаты анализа проб воды представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты количественного химического анализа проб воды, мг/дм³
[Table 1. Results of quantitative chemical analysis of water samples, mg / dm³]

№ пробы / No. samples	Место отбора / The sampling location	pH	t воды °С / t water °С	Zn	Pb	Cd	Ni	Cu	Fe _{общ.}
1	Матырское вдхр. возле микрорайона Новая Жизнь	8,76	24	0,026± 0,002	0,001± 0,001	0,0002± 0,0001	0,001± 0,001	0,001± 0,001	0,074± 0,015
2	река Матыра 100 м ниже дамбы	7,95	20	0,060± 0,001	0,001± 0,001	0,0004± 0,0001	0,001± 0,001	0,001± 0,001	0,042± 0,008
3	река Воронеж возле деревни Ситовка	7,84	20	0,015± 0,001	0,002± 0,001	0,0002± 0,0001	0,001± 0,001	0,001± 0,001	0,106± 0,021
4	река Липовка в районе фонтанов (Верхний пруд)	8,74	20,5	0,040± 0,001	0,002± 0,002	0,0001± 0,0001	0,001± 0,001	0,002± 0,001	0,311± 0,062
5	река Воронеж 100 м ниже Петровского моста	8,20	22	0,011± 0,001	0,002± 0,001	0,0002± 0,0001	0,002± 0,001	0,002± 0,001	0,333± 0,066
6	река Воронеж 50 м ниже дамбы	8,12	20,2	0,023± 0,001	0,009± 0,001	0,0002± 0,0001	0,001± 0,001	0,001± 0,001	0,257± 0,051
7	река Воронеж 50 м ниже Октябрьского моста	7,85	20,8	0,044± 0,001	0,023± 0,003	0,0001± 0,0001	0,006± 0,001	0,006± 0,001	1,199± 0,180
8	река Воронеж залив возле цеха переработки металлургических шлаков	8,25	25	0,052± 0,001	0,015± 0,003	0,0002± 0,0001	0,004± 0,001	0,009± 0,001	0,489± 0,098
9	река Воронеж 50 м ниже моста на ул Усманская	7,42	22,5	0,010± 0,001	0,011± 0,003	0,0001± 0,0001	0,001± 0,001	0,001± 0,001	0,247± 0,049
ПДК / МРС				1,00	0,01	0,001	0,02	1	0,3

*Полужирным шрифтом выделены значения, превышающие ПДК
[Values in bold are those exceeding the MAC]

Превышения ПДК в воде выявлены по свинцу в пробах 7, 8 и 9 и железу общему, в пробах 4 - 8. Максимальные превышения отмечаются в точке № 7, и составляют 2,3 ПДК по свинцу и 4 ПДК по железу. Повышенные концентрации цинка, никеля и меди, но не превышающие ПДК, приурочены также к точкам № 7 и № 8. Точки № 7 и № 8 на реке Воронеж находятся в зоне влияния ЦПМШ Новолипецкого металлургического комбината. Повышенное содержание кадмия наблюдается в реке Матыра в 100 м ниже дамбы (точка № 4).

Анализ состояния рек Воронеж, Матыра и Липовка как водоисточников рекреационного назначения в соответствии с методикой «Критерии оценки экологической обстановки...» [13] по уровню загрязнения тяжелыми металлами показал, что воды реки Воронеж в черте города Липецк соответствует категории «экологическое бедствие». Состояние рек Матыра и Липовка по содержанию тяжелых металлов соответствуют «относительно удовлетворительной ситуации».

Таблица 2

Результаты количественного химического анализа проб донных отложений, мг/кг
[Table 2. Results of quantitative chemical analysis of bottom sediment samples, mg / kg]

№ пробы / No. samples	Место отбора / The sampling location	pH	Zn	Pb	Cd	Ni	Cu	Fe _{общ.}
1	Матырское вдхр. возле микрорайона Новая Жизнь	8,36	5,96	0,07	0,70	3,24	3,04	800,43
			±	±	±	±	±	
			0,24	0,01	0,16	1,09	0,87	80,29
2	река Матыра 100 м ниже дамбы	8,26	17,56	0,90	0,35	1,23	2,11	361,85
			±	±	±	±	±	
			0,25	0,30	0,17	0,85	0,15	28,77
3	река Воронеж возле деревни Ситовка	7,44	61,66	6,97	0,88	11,29	9,85	997,88
			±	±	±	±	±	
			1,50	0,63	0,19	0,54	0,91	24,08
5	река Воронеж 100 м ниже Петровского моста	8,255	11,77	0,09	0,52	2,13	4,58	402,31
			±	±	±	±	±	
			0,12	0,01	0,16	0,66	0,58	52,16
6	река Воронеж 50 м ниже дамбы	7,71	129,83	59,42	0,63	6,46	30,32	2714,86
			±	±	±	±	±	
			4,77	1,25	0,18	0,63	1,50	115,55
7	река Воронеж 50 м ниже Октябрьского моста	8,35	69,68	9,13	0,13	17,55	11,19	2792,91
			±	±	±	±	±	
			1,24	0,88	0,05	0,60	0,39	47,78
8	река Воронеж залив возле цеха переработки металлургических шлаков	7,68	159,59	27,73	0,27	28,05	22,80	16464,30
			±	±	±	±	±	
			1,4	1,79	0,07	1,64	1,32	317,18
9	река Воронеж 50 м ниже моста на ул. Усманская	7,96	47,58	20,99	0,25	11,47	12,65	3827,14
			±	±	±	±	±	
			0,76	2,79	0,06	1,17	0,70	504,48

Донные отложения, накапливая загрязняющие вещества, в том числе тяжелые металлы, способствуют самоочищению поверхностных вод и в тоже время могут быть источником вторичного загрязнения. Слабощелочная и щелочная pH исследованных поверхностных водотоков обуславливает осаждение тяжелых металлов и накопление в донных отложениях. Анализ донных отложений выявил аномально высокое содержание всех исследуемых металлов в точках отбора № 6 и № 8.

Минимальное содержание Zn (5,96 мг/кг) и Pb (0,07 мг/кг) зафиксированы в Матырском водохранилище (точка № 1); Ni (1,23 мг/кг), Cu (2,11 мг/кг) и Fe_{общ.} (361 мг/кг) в реке Матыра (точка № 2); Cd (0,13 мг/кг) в реке Воронеж (точка № 7). Максимальное содержание Zn (159,59 мг/кг) отмечается в реке Воронеж в зоне влияния ЦПМШ. По содержанию Ni, Pb, Cu выделяются точки №№ 6, 7, 8, 9 на реке Воронеж после подпорной дамбы. В этих точках концентрация тяжелых металлов в донных

отложениях повышается более чем в 10 раз по свинцу, в 3 раза по меди и в 6 раз по никелю по сравнению с рекой Матыра (точка № 2). Содержание железа в донных отложениях в точке 8 на реке Воронеж превышает концентрацию в точке № 2 на реке Матыра в 45 раз.

Корреляционный анализ содержания исследованных тяжелых металлов в поверхностных водотоках показал высокий коэффициент корреляции $r = 0,84-0,93$ (при $P = 0,95$) для $Pb - Ni$, $Fe_{\text{общ.}} - Pb$ и $Fe_{\text{общ.}} - Ni$. Корреляционный анализ содержания тяжелых металлов в донных отложениях выявил высокий коэффициент корреляции для $Pb - Cu$, $r = 0,95$ (при $P = 0,95$). Корреляционный анализ содержания тяжелых металлов в воде и донных отложениях показал малую сходимость для всех элементов кроме Ni , для которого выявлена умеренная связь ($r = 0,67$). В точках отбора № 6 и № 8 на реке Воронеж фиксируются значительное повышение концентрации сразу всех исследуемых металлов относительно точек обследования вне города Липецк (реки Матыра, Воронеж у деревни Ситовка). В шестой точке отбора повышение концентрации тяжелых металлов возможно связано с попаданием большого количества загрязняющих веществ с водами реки Липовка, впадающей в реку Воронеж, в 700 м выше по течению. Кроме того, на этом участке реки Воронеж осуществляется сброс неочищенных ливневых стоков города Липецка [11]. В непосредственной близости от точки отбора 8 находится промышленный объект ЦПМШ, на территории которого расположены шлакоотвалы. Перепад высот отвалов шлака относительно уреза воды более 10 метров. Поэтому имеет место смыв загрязняющих веществ со шлакоотвалов в залив реки Воронеж. Помимо этого при остужении, перемешивании, транспортировке и складировании шлака в воздух выбрасывается множество пылеватых частиц, которые после осаждения накапливаются в донных отложениях. Согласно генеральному плану Липецка рядом с точкой отбора пробы № 8 также находится сброс ливневой канализации. Вероятно, влияние ливневых стоков на данном участке реки Воронеж не столь велико, так как сток снабжен модульными очистными сооружениями [11].

Распределение Cd в донных отложениях отличается от распределения других металлов, что указывает на иные источники поступления. Концентрация кадмия во всех исследованных пробах значительно превышает кларк концентрации в земной коре ($0,13$ мг/кг). Максимальное содер-

жание ($0,88$ мг/кг) отмечается на реке Воронеж за пределами города (точка № 3), в зоне влияния частной жилой застройки и в Матырском водохранилище (точка № 1). Накопление кадмия в донных отложениях Матырского водохранилища может быть связано с применением минеральных удобрений на сельхозугодьях, занимающих большую часть прилегающей территории.

До 2009 года в реку Воронеж ежегодно поступало большое количество промышленных сточных вод НЛМК. После использования вода направлялась в пруды-отстойники, где частично осветлялась и сбрасывалась в реку Воронеж в объеме $40 - 45$ млн m^3 в год с содержанием загрязняющих веществ порядка $8 - 9$ тыс. тонн [5]. Возможно, именно с этим связаны большие концентрации тяжелых металлов в донных отложениях реки Воронеж в пределах города.

Для оценки техногенного воздействия на донные отложения наиболее часто используют суммарный показатель загрязнения Z_c , рассчитываемый по формуле (1) [7, 12, 14]:

$$Z_c = (Kc_1 + \dots + Kc_n) - (n-1), \quad (1)$$

где Kc_i – коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения относительно фона, превышающий единицу; n – количество учитываемых химических элементов.

Помимо суммарного показателя загрязнения Z_c используют модифицированный суммарный показатель загрязнения Z_y для донных осадков [2]. Его расчет производился по всем исследуемым металлам в донных отложениях по формуле (2):

$$Z_y = \sum_{i=1}^n K_k - \log_2 n, \quad (2)$$

где K_k – коэффициент концентрации, рассчитанный относительно ориентировочно фоновых концентраций для различных гранулометрических разностей донных отложений; n – число учитываемых элементов.

Для расчетов Kc_i и K_k использовались фоновые значения загрязняющих элементов в донных отложениях точки № 2 (река Матыра). Так как точка № 2 находится на территории заказчика «Липецкий», она наименее подвержена антропогенному воздействию [8]. В этой точке обнаруживаются минимальные показатели концентраций тяжелых металлов. Несмотря на то, что точка № 1 находится выше по течению точки № 2 в Матырском водохранилище, значения концентраций нельзя принять в качестве фоновых значений, ввиду того, что по бе-

регам водохранилища находится жилая застройка и другие объекты инфраструктуры [7].

Для эколого-геохимической оценки были использованы шкала оценки загрязнения водных си-

стем Ю. А. Саета [17] и методика оценки донных отложений по Z_u Н. И. Куракина и Н. С. Шлыгина [14]. Шкала оценки загрязнения водных систем по Z_c и Z_u представлена в таблице 3.

Таблица 3

Ориентировочная шкала оценки загрязнения водных систем по показателям Z_c и Z_u .
[Table 3. Approximate scale for assessing the pollution of water systems according to the Z_c and Z_u indicators.]

Уровень загрязнения / Pollution level	Z_c и Z_u токсичных элементов в донных отложениях / Z_c and Z_u toxic elements in bottom sediments	Содержание токсичных элементов в воде / Content of toxic elements in water
Чистый	До 5	Не превышающие фон
Слабый	5-10	Слабовышенные относительно фона
Средний	10-30	Повышенные относительно фона; эпизодическое превышение ПДК
Сильный	30-100	Во много раз выше фона; стабильное превышение отдельными элементами уровней ПДК
Очень сильный	Более 100	Практически постоянно присутствие многих элементов в концентрациях выше ПДК

Рассчитанные показатели Z_c и Z_u показали схожие результаты по всем исследуемым точкам (рис. 2). По величине Z_c и Z_u донные отложения в точках № 6 и № 8 на реке Воронеж относятся к очень сильному уровню загрязнения. В точках № 7 и № 9 уровень загрязнения характеризуется как сильный. В верховьях реки Воронеж в точке

3 уровень загрязнения средний, в остальных исследуемых точках уровень загрязнения донных отложений слабый. Несмотря на то, что по Z_c и Z_u донные отложения в точках № 5 и № 6 показали разный уровень загрязнения, значения Z_c и Z_u очень близки и находятся у границы уровня (3,50 и 5,48 в точке № 5; 98,34 и 100,55 в точке № 6).

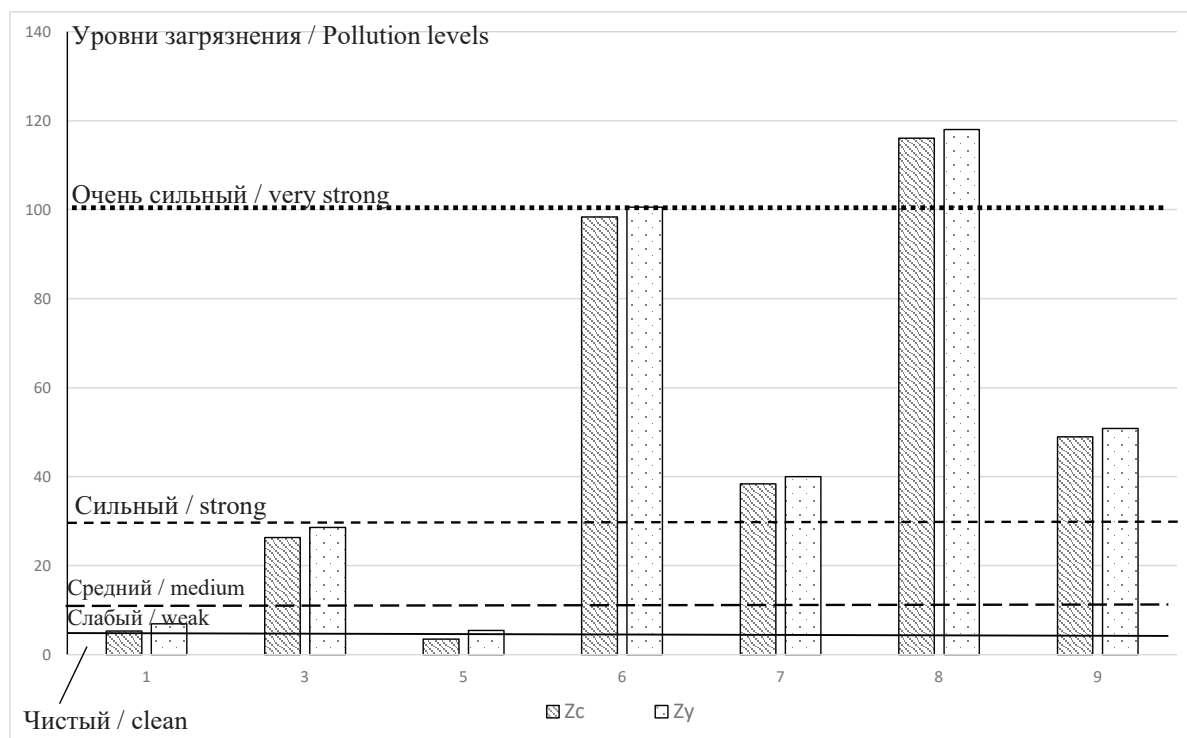


Рис. 2. Уровни Z_c и Z_u в водотоках Липецка
[Fig. 2. Z_c and Z_u levels in watercourses of Lipetsk]

ВЫВОДЫ

В реке Воронеж ниже подпорной дамбы выявлены превышения ПДК по свинцу и железу. Высокие парные корреляции для свинца, железа, никеля указывают на общий источник поступления металлов, связанный с работой металлургических предприятий города. Кроме того источником тяжелых металлов в реке Воронеж являются неочищенные стоки ливневой канализации дорожно-транспортной сети.

Воды реки Воронеж как источника рекреационного назначения в черте города Липецк по уровню загрязнения тяжелыми металлами соответствуют категорию «экологическое бедствие».

Донные отложения в реке Воронеж в пределах города Липецк значительно загрязнены тяжелыми металлами. По суммарному показателю загрязнения донные отложения ниже подпорной дамбы соответствуют сильному и очень сильному загрязнению.

Высокие концентрации тяжелых металлов в донных отложениях реки Воронеж – результат как накопленного экологического вреда от деятельности металлургической промышленности, так и современных процессов, связанных с влиянием цеха переработки металлургических шлаков. Накопленные концентрации тяжелых металлов в донных отложениях представляют экологическую опасность, являются источником вторичного загрязнения воды в реке Воронеж в черте города и ниже по течению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аничкина Н. В. Экологическое состояние Матырского водохранилища и его влияние на вмещающий ландшафт Окско-донской низменности // *Успехи современного естествознания*, 2017, № 10, с. 60-64.
2. Базарский О. В. Механизмы образования донных осадков в водоемах // *Материалы Второго молодежного инновационного проекта «Школа экологических перспектив»*, 2013, с. 9-14.
3. VEGA-Science уникальный инструмент научно-го анализа данных спутниковых наблюдений. Снимки города Липецк. – URL: <http://sci-vega.ru/> (дата обращения: 27.12.2021). – Текст: электронный.
4. Генеральный план города Липецка / Официальный сайт департамента градостроительства и архитектуры города Липецка. – URL: <http://www.depgrad48.ru/planningdocumentation/masterplan/> (дата обращения: 19.12.2021). – Текст: электронный.
5. Годовые отчеты НЛМК / Социальный отчет компании НЛМК 2009 г. – URL: <https://nlmk.com/ru/ir/results/annual-reports/> (дата обращения: 19.12.2021). – Текст: электронный.
6. Государственный доклад министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации «О

состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации 2020 года». – URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/ (дата обращения: 23.12.2021). – Текст: электронный.

7. Гречушникова М. Г., Киреева М. Б. Гидроэкологическое состояние Матырского водохранилища: современное состояние и перспективы изменения // *Материалы IX международного симпозиума «Степи Северной Евразии»*, 2021, т. 1, с. 216-222.

8. Двуреченский В., Макаров С., Пешкова Н. Матырское водохранилище. Липецкая энциклопедия. Т. 2, 2020. 330 с.

9. Доклады Управления экологии и природных ресурсов Липецкой области «Состояние и охрана окружающей среды Липецкой области» за 2011-2020 года. – URL: <http://ekolip.ru/folder1/> (дата обращения: 21.12.2021). – Текст: электронный.

10. Ермиенко А. Е., Калиева А. А. Энвайронментальное влияние и оценка потенциала подземных вод средне-верхнедевонского комплекса для обеспечения устойчивого водоснабжения Липецка // *Международный журнал естественных и гуманитарных наук. Серия: геология*, 2016, т. 1, № 3, с. 174-177.

11. Карта планируемого размещения объектов дождевой канализации. Инженерная подготовка территории. – URL: <http://www.depgrad48.ru/planningdocumentation/masterplan/> (дата обращения: 17.12.2021). – Текст: электронный.

12. Косинова И. И., Соколова Т. В. Методологические особенности оценки экологического состояния донных отложений искусственно созданных водных объектов // *Вестник ВГУ, Серия: геология*, 2015, № 3, с. 113-121.

13. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901797511> (дата обращения: 17.12.2021). – Текст: электронный.

14. Куракина Н. И., Шлыгина Н. С. Оценка состояния донных отложений по результатам контрольных измерений концентраций загрязняющих веществ в восточной части Финского залива // *Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ*, 2017, № 4, с. 72-78.

15. Постановление от 28 января 2021 года N 2 Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания". – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 27.12.2021). – Текст: электронный.

16. Рыжкова Т. А., Забинский В. Д. Гигиеническая оценка воды открытых водоемов города Липецка // *Материалы всероссийского научного форума студентов с международным участием «Студенческая наука – 2020»*, 2020, т. 3, с. 553-554.

17. *Геохимия окружающей среды* / Ю. Е. Сает, Б. А. Ревич, Е. П. Янин и др. Москва: Недра, 1981. 335 с.

18. Сарычев В. С. Ландшафтно-геологический памятник природы «Низовье Каменного лога» // *Природное наследие Липецкой области: каталог особо охраняемых ландшафтов и объектов*, 2014, с. 80-82.

19. Шлакопереработчики НЛМК отметили «золотой» юбилей своего цеха // Официальный сайт компании НЛМК. – URL: [https://lipetsk.nlmk.com/ru/media-center/press-releases/shlakopererabotchiki-nlmk-otmetili-zolotoy-](https://lipetsk.nlmk.com/ru/media-center/press-releases/shlakopererabotchiki-nlmk-otmetili-zolotoy-yubiley-svoego-tsekha/)

[yubiley-svoego-tsekha/](https://lipetsk.nlmk.com/ru/media-center/press-releases/shlakopererabotchiki-nlmk-otmetili-zolotoy-yubiley-svoego-tsekha/) (дата обращения: 23.12.2021). – Текст: электронный.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 31.12.2021

Принята к публикации 03.03.2022

GEOECOLOGY

UDC 504.4.054

ISSN 1609-0683

DOI: <https://doi.org/10.17308/geo.2022.1/9088>

Content of Heavy metals in the Lipetsk City Watercourses

I. V. Lebedev ✉, I. Z. Kamanina, S. P. Kaplina

*Dubna State University, Russian Federation
(19, Universitetskaya Str., Dubna, Moscow region, 141982)*

Abstract: The purpose of this study is to monitor surface watercourses in the area of the City of Lipetsk: Matyra, Voronezh, Lipovka Rivers and Matyrskoye water reservoir. Water and bottom sediments sampling was carried out in summer 2021.

Materials and methods. The content of heavy metals of hazard classes 1 and 2 (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni) and Fe by atomic absorption method was studied. Contamination of water and bottom sediments was assessed in relation to sanitary-hygienic and ecological-geochemical indicators.

Results and discussion. The maximum concentrations of lead and iron (total), significantly exceeding the maximum allowable concentrations (MAC) of harmful substances in water of cultural and domestic water bodies, are observed in the Voronezh River within the boundaries of the City of Lipetsk. The concentration of heavy metals in the bottom sediments of the Voronezh River within the City of Lipetsk increases significantly in comparison with the Matyra River and the Voronezh River upstream of the city.

Conclusions. The condition of water in the Voronezh River within the boundaries of the City of Lipetsk corresponds to the "Ecological Emergency" category. The condition of the Matyrskoye water reservoir and the Matyra River in terms of heavy metal content corresponds to "relatively satisfactory situation".

Key words: pollution of Lipetsk city, surface watercourses, bottom sediments, the Voronezh River, heavy metals.

For citation: Lebedev I. V., Kamanina I. Z., Kaplina S. P. Content of Heavy metals in the Lipetsk City Watercourses. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2022, no. 1, pp. 74-82. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo.2022.1/9088>

REFERENCE

1. Anichkina N. V. Ekologicheskoe sostoyanie matyrskogo vodokhranilishcha i ego vliyanie na vmeshchayushchiy landshaft oksko-donskoy nizmennosti [The ecological state of the Matyr reservoir and its influence on the enclosing landscape of the Oksko-Don lowland]. *Uspekhi sovremennoy prirodnoy nauki*, 2017, no. 10, pp. 60-64. (In Russ.)

2. Bazarskiy O. V. Mekhanizmy obrazovaniya donnykh osadkov v vodoemakh [Mechanisms of formation of bottom

sediments in reservoirs]. *Materialy Vtorogo molodezhnogo innovatsionnogo proekta «Shkola ekologicheskikh perspektiv»*, 2013, pp. 9-14. (In Russ.)

3. VEGA-Science is a unique tool for scientific analysis of satellite observation data. Images of the city of Lipetsk. – URL: <http://sci-vega.ru/> (accessed 27.12.2021). – Text: electronic.

4. General Plan of the city of Lipetsk. Official website of the Department of Urban Planning and Architecture of the city of Lipetsk. – URL: <http://www.depgrad48.ru/plan->

© Lebedev I. V., Kamanina I. Z., Kaplina S. P., 2022

✉ Ivan V. Lebedev, e-mail: lebedev.ru.com@yandex.ru



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

ningdocumentation/masterplan/ (accessed 19.12.2021). – Text: electronic.

5. NLMK Annual Reports. NLMK Social Report 2009. – URL: <https://nlmk.com/ru/ir/results/annual-reports/> (accessed 19.12.2021). – Text: electronic.

6. State Report of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation "On the state and environmental protection of the Russian Federation in 2020". – URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/ (accessed 23.12.2021). – Text: electronic.

7. Grechushnikova M. G., Kireeva M. B. Gidroekologicheskoe sostoyanie Matyrskogo vodokhranilishcha: sovremennoe sostoyanie i perspektivy izmeneniya [Hydroecological condition of the Matyr reservoir: current state and prospects of change]. *Materialy IX mezhdunarodnogo simpoziuma «Stepi Severnoy Evrazii»*, 2021, vol. 1, pp. 216-222. (In Russ.)

8. Dvurechenskiy V., Makarov S., Peshkova N. *Matyrskoe vodokhranilishche. Lipetskaya entsiklopediya. T. 2* [Matyrskoe reservoir. Lipetsk Encyclopedia. Vol. 2], 2020. 330 p. (In Russ.)

9. Reports of the Department of Ecology and Natural Resources of the Lipetsk region "State and environmental protection of the Lipetsk region" for 2011-2020. – URL: <http://ekolip.ru/folder1/> (accessed 21.12.2021). – Text: electronic.

10. Ermienko A. E., Kalieva A. A. Environmental'noe vliyeniye i otsenka potentsiala podzemnykh vod sredne-verkhnedevonskogo kompleksa dlya obespecheniya ustoychivogo vodosnabzheniya Lipetska [Environmental impact and assessment of the groundwater potential of the Sredne-Verkhnedevonsky complex to ensure sustainable water supply of Lipetsk]. *Mezhdunarodnyy zhurnal estestvennykh i gumanitarnykh nauk. Seriya geologiya*, 2016, vol.1, no. 3, pp. 174-177. (In Russ.)

11. Map of the planned location of rainwater drainage facilities. Engineering preparation of the territory. – URL: <http://www.degrad48.ru/planningdocumentation/masterplan/> (accessed 17.12.2021). – Text: electronic.

12. Kosinova I. I., Sokolova T. V. Metodologicheskie osobennosti otsenki ekologicheskogo sostoyaniya donnykh otlozheniy iskusstvenno sozdannykh vodnykh ob'ektov [Methodological features of the assessment of the ecological state of bottom sediments of artificially created water bodies]. *Vestnik VGU, Seriya: geologiya*, 2015, no. 3, pp. 113-121. (In Russ.)

Лебедев Иван Владимирович
аспирант государственного университета «Дубна» по направлению геоэкология, г. Дубна, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-5510-3459, e-mail: lebedev.ru.com@yandex.ru

Каплина Инна Здиславовна
кандидат биологических наук, доцент государственного университета «Дубна», г. Дубна, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-9186-8689, e-mail: kamanina@uni-dubna.ru

Каплина Светлана Петровна
кандидат биологических наук, доцент государственного университета «Дубна», г. Дубна, Российская Федерация, ORCID: 0000-0003-1323-6349, e-mail: svkapsvkap@mail.ru

13. Criteria for assessing the environmental situation of territories to identify areas of environmental emergency and environmental disaster zones. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901797511> (accessed 17.12.2021). – Text: electronic.

14. Kurakina N. I., Shlygina N. S. Otsenka sostoyaniya donnykh otlozheniy po rezul'tatam kontrol'nykh izmereniy kontsentratsiy zagryaznyayushchikh veshchestv v vostochnoy chasti Finskogo zaliva [Assessment of the state of bottom sediments based on the results of control measurements of concentrations of pollutants in the eastern part of the Gulf of Finland]. *Izvestiya SPbGETU LETI*, 2017, no. 4, pp. 72-78. (In Russ.)

15. Resolution No. 2 of January 28, 2021 On the approval of sanitary rules and norms of SanPiN 1.2.3685-21 "Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans". – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (accessed 27.12.2021). – Text: electronic.

16. Ryzhkova T. A., Zabinskiy V. D. Gigienicheskaya otsenka vody otkrytykh vodoemov goroda Lipetska [Hygienic assessment of the water of open reservoirs of the city of Lipetsk]. *Materialy vserossiyskogo nauchnogo foruma studentov s mezhdunarodnym uchastiem «Studencheskaya nauka – 2020»*, 2020, vol. 3, pp. 553-554. (In Russ.)

17. *Geokhimiya okruzhayushchey sredy* [Geochemistry of the environment] / U. E. Saet, B. A. Revich, E. P. Yanin [i dr.]. Moscow: Nedra, 1981, 335 p. (In Russ.)

18. Sarychev V. S. Landshaftno-geologicheskii pamyatnik prirody «Nizov'e Kamennogo loga» [Landscape and geological monument of nature "Lower reaches of the Stone Log"]. *Prirodnoe nasledie Lipetskoy oblasti: katalog osobo okhranyemykh landshaftov i ob'ektov*, 2014, pp. 80-82. (In Russ.)

19. NLMK slag processors celebrated the "golden" anniversary of their workshop. NLMK's official website. – URL: <https://lipetsk.nlmk.com/ru/media-center/press-releases/shlakopererabotchiki-nlmk-otmetili-zolotoy-yubiley-svoego-tsekha/> (accessed 23.12.2021). – Text: electronic.

Conflict of interests: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 31.12.2021

Accepted: 03.03.2022

Ivan V. Lebedev
Postgraduate student of Dubna State University in Geocology, Dubna, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-5510-3459, e-mail: lebedev.ru.com@yandex.ru

Inna Z. Kaplina
Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Dubna State University, Dubna, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-9186-8689, e-mail: kamanina@uni-dubna.ru

Svetlana P. Kaplina
Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Dubna State University, Dubna, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-1323-6349, e-mail: svkapsvkap@mail.ru