

DOI: 10.22363/2313-2310-2023-31-3-368-380

EDN: URUCWJ

УДК 574.5

Научная статья / Research article

Эколого-химическая оценка состояния реки Десны по донным отложениям на примере Брянской области Нечерноземной зоны РФ

А.С. Плахотин✉, Л.Н. Анищенко^{ORCID}

*Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского,
Брянск, Российская Федерация
✉eco_egf@mail.ru*

Аннотация. Проведены исследования состояния донных грунтов городской реки Десны (Брянск) в рамках рекомендуемых исследований государственного экомониторинга. Цель исследования – выявить современное состояние городского водотока на основе эколого-аналитических показателей донных грунтов для диагностики состояния поверхностных вод реки Десна. Исследование донных отложений реки Десны на реперных участках (створах) показало, что содержание тяжелых металлов находится в пределах нормы. Исключение составляет участок реки в фоновом районе. Превышение концентраций по кобальту и хрому составляет в 8,0 и 1,1 раза от установленных нормативов. Самое высокое содержание оксида титана, хрома и кобальта было отмечено в пробах на правом берегу реки Десна фонового участка, что указывает на заиленность участка. В среднем превышение по хрому весной было отмечено в 7,5 раза, а летом – в 8 раз. По кобальту превышение показателя по сравнению с предельно допустимым составило 1,1 раза на протяжении всего весенне-летнего периода. Впервые обобщены данные трехлетних исследований по состоянию донных отложений, позволяющие разрабатывать эффективные природоохранные программы, создать постоянно обновляемую мониторинговую базу.

Ключевые слова: экомониторинг, городские реки, донные отложения, Нечерноземье РФ

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

История статьи: поступила в редакцию 26.09.2022; доработана после рецензирования 10.02.2023; принята к публикации 25.04.2023.

© Плахотин А.С., Анищенко Л.Н., 2023



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Для цитирования: Плахотин А.С., Анищенко Л.Н. Эколого-химическая оценка состояния реки Десны по донным отложениям на примере Брянской области Нечерноземной зоны РФ // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2023. Т. 31. № 3. С. 368–380. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-3-368-380>

Ecological and chemical assessment of the state of the Desna river by bottom sediments on the example of the Bryansk region, Non-Chernozem region of the Russian Federation

Aleksey S. Plakhotin✉, Lidia N. Anishchenko^{ID}

Bryansk State Academician I.G. Petrovski University, Bryansk, Russian Federation

✉eco_egf@mail.ru

Abstract. Studies of the state of bottom soils of the city Desna river (Bryansk) were carried out as part of the recommended studies of state environmental monitoring. The purpose of the work is to identify the current state of the urban watercourse on the basis of ecological and analytical indicators of bottom soils for diagnosing the state of the surface waters of the Desna river. The study of the bottom sediments of the Desna river in the reference areas (cross-sections) showed that the content of heavy metals is within the normal range. The exception is the section of the river in the background region. The excess of concentrations for cobalt and chromium is 8.0 and 1.1 times from the established standards. The highest content of titanium oxide, chromium and cobalt was noted in samples on the right bank of the Desna river in the background area, which indicates that the area is silty. On average, the excess of chromium in spring was 7.5 times, and in summer – 8 times. For cobalt, the excess of the indicator compared to the maximum allowable amounted to 1.1 times throughout the entire spring-summer period. For the first time, the data of three-year studies on the state of bottom sediments are summarized, allowing the development of effective environmental programs and the creation of a constantly updated monitoring base.

Keywords: environmental monitoring, urban rivers, bottom sediments, Non-Chernozem region of the Russian Federation

Authors' contributions: all authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

Article history: received 26.09.2022; revised 10.02.2023; accepted 25.04.2023.

For citation: Plakhotin AS, Anishchenko LN. Ecological and chemical assessment of the state of the Desna river by bottom sediments on the example of the Bryansk region, Non-Chernozem region of the Russian Federation. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2023;31(3):368–380. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-3-368-380>

Введение

К основным источникам, загрязняющим бассейн реки Десны, относятся предприятия тяжелого машиностроения, строительного комплекса, химического производства, лесной и деревообрабатывающей промышленности,

сельского и коммунального хозяйства. Развитие сети экомониторинга позволит создавать прогнозы изменений обширной речной сети в пределах Брянской области и формировать систему сведений по комплексной оценке экологического состояния реки Десны и ее притоков. Объективную информацию об интенсивности загрязнения водотоков можно получить, изучая и анализируя состояние донных сообществ и грунтов. Оценка современного экологического состояния бассейна реки Десны, находящегося под влиянием длительного, интенсивного антропогенного воздействия, – важная задача, позволяющая разработать эффективные природоохранные программы, впервые создать постоянно обновляемую мониторинговую базу. Основные сведения о содержании ионов в речных грунтах весьма актуальны, так как в современном мониторинге поверхностных вод не разработаны критерии оценки качества донных отложений, что не позволяет прогнозировать развитие процессов, изменяющих качество вод, планировать мероприятия по охране, природопользованию и экоконтролю [1; 2; 9].

Цель исследования – выявить современное состояние городского водотока на основе эколого-аналитических показателей донных грунтов для диагностики состояния поверхностных вод реки Десна.

Городские реки в староосвоенном регионе – продукт урбанизации как глобального процесса, увеличивающего спрос на пресноводные ресурсы: крупные города получают почти 80 % воды из поверхностных источников [1–3].

Городские поверхностные воды в качестве объекта исследований выступали в отечественных и зарубежных работах, где исследовались показатели качества поверхностных вод рек, количественный состав загрязняющих веществ и их источники, риски, а также негативные последствия для гидробионтов, здоровья человека и окружающей среды в целом. В работе Robert I. McDonald, Katherine Weber и др. провели первое глобальное исследование водных источников крупных городов, показав, что предыдущие глобальные гидрологические модели, которые игнорировали водные инфраструктуры, переоценивали городской водный «стресс» [5]. По их прогнозам, к 2050 г. число городских жителей которые будут нуждаться в воде, увеличится на 2,6 млрд человек. Общий рост спроса на качественную питьевую воду заставляет города искать новые относительно чистые источники воды, что приводит к созданию сложных систем городской водной инфраструктуры.

Обзор некоторых факторов, влияющих на качество речной воды в городах, позволил выделить достаточно новое направление работ – исследование химического состава донных отложений, субстрата с долговременной фиксацией ионов загрязняющих веществ, что позволяет проводить экодиагностику во временном разрезе [6–8]. Особенностью донных отложений, как показателя состояния водного объекта, является то, что они являются последним звеном поступления веществ в водоемы и водотоки, в силу чего интегрируют геохимические особенности водосборных

площадей, техногенных сбросов и водных объектов [9; 10].

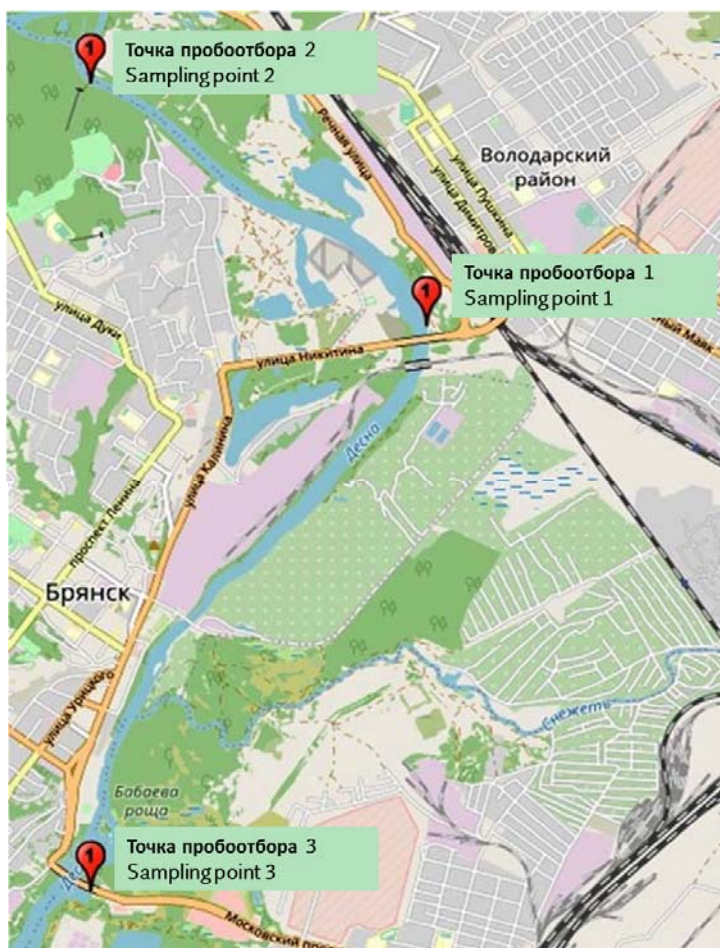
Как сложная многокомпонентная система, донные отложения в зависимости от условий, сложившихся в водном объекте, служат либо источником поступления химических соединений в толщу воды, либо их аккумулятором. К числу приоритетных загрязняющих веществ донных отложений относятся тяжелые металлы, отличающиеся максимальной аккумуляционной способностью и высокой токсичностью [11–12]. Структурный и химический состав донных отложений объединяет геохимические особенности водосборных территорий, техногенных сбросов и эколого-химические показатели поверхностных вод; эти субстраты сами играют значительную роль в формировании качества поверхностных вод, поэтому в рамках государственной системы мониторинга среды в РФ предусмотрено проведение наблюдений за состоянием грунтов, но нет четких алгоритмов оценки депонирующей способности субстратов и единого показателя для сравнения по экологическим показателям.

Методы, методики и материалы исследований

Отбор проб донных отложений (ДО) проводили общепринятыми методами, которые характеризовали водный объект за конкретный промежуток времени¹. ДО отбирали в местах с максимальным их развитием (места поступления сточных вод, зона подпора боковых притоков), в местах экстремальных значений загрязняющих веществ (ЗВ) в донных отложениях и водных массах; для оценки динамики содержания ЗВ пробы отбирали на одном и том же участке дна. Отбор проб проводили в период, который обеспечивает возможность оценки степени загрязненности ДО в характерные фазы гидрологического режима. Пробы ДО отбирали с помощью дночерпателя Петерсена D₂₅ в 10-сантиметровом слое, где наиболее активно протекают все биогеохимические процессы. Ситовым методом выделялась для исследования фракция менее 1 мм². Тяжелые металлы (ТМ) занимают особое место среди прочих нормируемых показателей водной среды. Они способны мигрировать в различных формах и накапливаться в речных экосистемах. Большинство ТМ выступают причиной для нарушения естественных процессов самоочищения водотоков посредством замедления биохимического окисления. В весенне-летний период осуществлены исследования ДО реки Десна на предмет соответствия содержания тяжелых металлов установленным нормам.

¹ ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность.

² ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. РД 52.24.309-2016. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши / ФГБУ «ГХИ». Ростов-на-Дону, 2016. 137 с.



**Точки пробоотбора в створах на р. Десне в пределах г. Брянска /
Sampling points in the alignments on the river. Desna within the city of Bryansk**

Валовое содержание тяжелых металлов в донных отложениях определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием спектрометра «Спектроскан Макс-GV»³.

Для расчета показателя удельного комбинаторного индекса загрязненности вод (УКИЗВ) были использованы 18 определенных веществ: растворенный кислород, БПК₅, ХПК, Fe_{общ}, N/NH₄⁺, N/NO₂⁻, N/NO₃⁻, F, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, Cr³⁺, Cr⁶⁺, SO₄²⁻, Mn²⁺, PO₄⁻, нефтепродукты, фенол и формальдегид⁴.

³ ПНД Ф 14.1:2:4.208-04 «Методика выполнения измерений для определения массовой концентрации Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Fe, Cr, V, Bi, Cd, Se, As в питьевых, природных и сточных водах рентгенофлуоресцентным методом после концентрирования их пирролидиндитиокарбаминатных комплексов на фильтрах».

⁴ РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям / Росгидромет. Ростов-на-Дону, 2002. 50 с.

Результаты исследований и их обсуждение

Территория Брянской области обладает достаточно густой разветвленной и неравномерно размещенной по территории области речной сетью – 2867 рек с общей протяженностью 12,89 тыс. км. Значительная часть рек, являющихся равнинными, с продолжительным периодом весеннего паводка, расположена на востоке и в центре области, что вызвано неоднородностью рельефа, а также различной глубиной водоносных горизонтов⁵. Большинство рек (99 % территории области) Брянской области принадлежат бассейну реки Днепр с южным или юго-западным направлением, но верховья 1 % рек относятся к бассейну Оки. Река Десна (река второго класса) протекает через всю территорию крупного города, и эколого-химическое и гидробиологическое состояние водного объекта должно оцениваться в ходе экомониторинга в том числе и по аккумулярующей способности грунтов.

Был произведен отбор донных образцов в двухкратной повторности из створов на реперных точках (РТ) в черте г. Брянска (рисунок). В качестве фонового водного объекта был выбран створ на правом берегу реки Десна в пределах лесопарка «Роща Соловьи». В процессе исследования были определены следующие параметры: цвет, запах, тип, консистенция, включения, pH (табл. 1).

Согласно полученным данным, ДО на исследуемых участках реки представляют собой пески, причем на фоновом участке и РТ они заиленные, что свидетельствует о слабой проточности. С увеличением проточности содержание органической фракции уменьшается, при этом увеличивается доля минеральных компонентов.

Таблица 1. Физические свойства донных отложений

Наименование пробы	Время отбора	Физические параметры донных отложений					
		Цвет	Тип	Запах	Консистенция	Включения	pH
Правобережье р. Десна, лесопарк (фон)	Весна	Черно-серый	Малкий заиленный песок	Землистый	Мягкая	Мелкие палки, фрагменты ракушек моллюсков	5,92
							5,93
Пр. Московский	Весна	Беловато-серый	Мелкий песок	Землистый	Мягкая	Твердые частицы	6,48
							6,31
Ул. Речная, Общественный поиск	Весна	Желтовато-серый	Мелкий песок	Рыбный	Мягкая	Твердые частицы	6,09
							6,11
Правобережье р. Десна, лесопарк (фон)	Лето	Черно-серый	Мелкий заиленный песок	Землистый	Мягкая	Фрагменты ракушек моллюсков, травы	6,5
Пр. Московский	Лето	Беловато-серый	Мелкий песок	Землистый, рыбный	Мягкая	Мелкие твердые частицы, фрагменты травы	6,82
							6,55
Ул. Речная, общественный пляж	Лето	Желтовато-серый	Мелкий песок	Рыбный	Мягкая	Твердые частицы	6,58
							6,28

⁵ Природные ресурсы и окружающая среда субъектов Российской Федерации. Центральный Федеральный округ: Брянская область / под ред. Н.Г. Рыбальского, Е.Д. Самотесова и А.Г. Митюкова. М.: НИА Природа, 2007. 1144 с.

Table 1. Physical properties of bottom sediments

Sample name	Selection time	Physical parameters of bottom sediments					
		color	type	smell	consistency	inclusion	pH
Right bank of the Desna river, forest park, background	Spring	Black-grey	Fine silty sand	Earthy smell	Soft	Small wood, shell fragments of mollusk shells	5.92
							5.93
Moskovsky avenue, Desna river	Spring	Whitish gray	Fine sand	Earthy smell	Soft	Solid particles	6.48
							6.31
River street, public beach	Spring	Yellowish gray	Fine sand	Fishy smell	Soft	Solid particles	6.09
							6.11
Right bank of the Desna river, forest park, background	Summer	Black-grey	Fine silty sand	Earthy smell	Soft	Shell fragments of mollusk shells, herbs	6.5
Moskovsky avenue, Desna river	Summer	Whitish gray	Fine sand	Earthy smell	Soft	Fine solid particles, grass fragments	6.82
							6.55
River street, public beach	Summer	Yellowish gray	Fine sand	Fishy smell	Soft	Solid particles	6.58
							6.28

Значение рН также не имело резких колебаний и характеризовало донные отложения как близкие к нейтральным, за исключением образцов, отобранных в лесопарке «Роща Соловьи» (фон, грунты слабокислые).

Содержание ТМ в донных отложениях представлено в табл. 2. Высокое содержание оксида титана, хрома и кобальта было отмечено в пробах на правом берегу реки Десна (фоновая РТ), что указывает на заиленность участка: причина – крупные разливы реки на пойменные луга, где в течение всего весенне-летнего периода происходил процесс гниения травяного покрова при высокой температуре воздуха. В среднем превышение по хрому весной было отмечено в 7,5 раза, а летом – в 8,0 раз. По кобальту превышение показателя по сравнению с предельно допустимым составило 1,1 раза на протяжении всего весенне-летнего периода.

У донных отложений р. Десны заметно превышение концентрации в ДО цинка, свинца весной, по сравнению с летним периодом, а концентрация меди выше в летних пробах, по сравнению с весенними. По имеющимся данным, для цинка и меди наиболее значимым является период половодья: концентрации этих ионов выше в весенний период. Для ионов меди с повышением концентрации в летний период можно предположить о существовании недостаточного разбавления вод и поступлении с поверхностным стоком этих ионов.

На основе представленных данных можно судить о том, что створ реки на данном участке характеризуется переходным типом грунтов (от песков к илам, количество органических веществ 3–10 %) [13]. Такой тип грунтов указывает на замедленный сток в водотоке. Донные отложения переходного типа содержат большое количество органических веществ разного состава и свойств, которые способны удерживать металлы в осадках. Частично это труднорастворимые вещества, которые осаждаются вместе со связанными с ними металлами, например соединения металлов с липидами.

Эти комплексы после отмирания клеток хорошо сохраняются и после попадания в илы обогащают их металлами.

Содержание валовых форм ТМ в донных отложениях р. Десна соответствует значениям, определенным для некоторых водных объектов: на малых реках притока Камы, для бассейна верхней Оби, рек Нижневартовской области, водных объектах дельты Дона, р. Уй (Урал) и др. [14–19].

Также отмечено превышение содержания кобальта, никеля и других ТМ; в некоторых объектах выявлено превышение марганца как основного загрязнителя, особенно ниже по течению для крупных городов. Для рек дельты Дона отмечены повышенные концентрации цинка и марганца в весенне-летний период. Такие данные объясняются хорошей миграцией марганца как элемента с переменной валентностью в восстановительной среде, стимулируемые низкими скоростями течения [15; 19]. Эти данные, как и полученные для реки Десны, протекающей в черте крупного города, дают возможность рассматривать их как результат возможного вторичного загрязнения. Превышение ПДК для свинца не было зарегистрировано ни в одной из исследуемых рек, так же как и для железа: эти два элемента повторяют ход сезонной динамики друг друга.

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в донных отложениях реки Десны в весенне-летний период

Наименование пробы	Серия проб	TiO ₂ , %	V, мг/кг	Cr, мг/кг	MnO, %	Fe ₂ O ₃ , %	Co, мг/кг	Ni, мг/кг	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	As, мг/кг	Rb, мг/кг	Sr, мг/кг	Zr, мг/кг	Pb, мг/кг
Правобережье р. Десна, лесопарк (фон)	1-1 весна	0,55	45,76	37,51	0,20	4,60	5,48	13,73	1,04	61,91	6,30	43,62	84,85	595,71	19,27
	1-2 весна	0,43	42,29	41,52	0,22	4,97	5,86	15,40	1,47	63,69	5,80	48,93	88,28	500,08	18,05
Пр. Московский	2-1 весна	0,48	21,06	<НПКО	0,02	0,88	3,71	3,52	13,21	15,48	6,69	21,91	43,96	838,02	9,32
	2-2 весна	0,22	12,26	<НПКО	0,02	0,81	4,79	3,83	<НПКО	12,78	2,31	17,54	40,72	328,49	10,57
Ул. Речная, Общественный пляж	3-1 весна	0,07	<НПКО	<НПКО	0,01	0,59	2,86	4,64	<НПКО	10,58	2,49	20,22	40,09	55,74	8,93
	3-2 весна	0,08	1,42	<НПКО	0,01	0,62	2,78	4,47	<НПКО	9,89	0,04	18,64	38,91	81,05	15,79
Правобережье р. Десна, лесопарк (фон)	4-1 лето	0,53	46,78	53,27	0,20	4,59	5,51	15,30	18,41	56,43	3,62	43,51	81,54	493,43	16,63
	4-2 лето	0,50	51,07	35,58	0,19	4,62	7,60	15,10	5,47	56,48	10,46	43,52	82,25	777,52	13,80
Пр. Московский	5-1 лето	0,29	10,23	<НПКО	0,02	0,76	4,33	3,46	<НПКО	16,20	5,77	17,52	41,66	545,65	6,18
	5-2 лето	0,18	6,54	<НПКО	0,01	0,76	2,66	4,03	<НПКО	14,23	6,30	16,33	47,72	485,94	8,28
Ул. Речная, Общественный пляж	6-1 лето	0,08	<НПКО	<НПКО	0,01	0,58	4,60	3,56	<НПКО	9,48	3,33	19,64	43,17	134,95	8,97
	6-2 лето	0,11	5,09	<НПКО	0,01	0,59	2,95	4,47	4,50	7,78	3,62	17,21	38,85	107,89	3,94

Table 2. The content of heavy metals in the bottom sediments of the Desna river in the spring-summer period

Sample name	A series of samples	TiO ₂ , %	V, mg/kg	Cr, mg/kg	MnO, %	Fe ₂ O ₃ , %	Co, mg/kg	Ni, mg/kg	Cu, mg/kg	Zn, mg/kg	As, mg/kg	Rb, mg/kg	Sr, mg/kg	Zr, mg/kg	Pb, mg/kg
Right bank of the Desna river, forest park, background	1-1 spring	0.55	45.76	37.51	0.20	4.60	5.48	13.73	1.04	61.91	6.30	43.62	84.85	595.71	19.27
	1-2 spring	0.43	42.29	41.52	0.22	4.97	5.86	15.40	1.47	63.69	5.80	48.93	88.28	500.08	18.05
Moskovsky avenue, Desna river	2-1 spring	0.48	21.06	<NPKO	0.02	0.88	3.71	3.52	13.21	15.48	6.69	21.91	43.96	838.02	9.32
	2-2 spring	0.22	12.26	<NPKO	0.02	0.81	4.79	3.83	<NPKO	12.78	2.31	17.54	40.72	328.49	10.57
River street, public	3-1 spring	0.07	<NPKO	<NPKO	0.01	0.59	2.86	4.64	<NPKO	10.58	2.49	20.22	40.09	55.74	8.93
	3-2 spring	0.08	1.42	<NPKO	0.01	0.62	2.78	4.47	<NPKO	9.89	0.04	18.64	38.91	81.05	15.79
right bank of the Desna river, forest park, background	4-1 summer	0.53	46.78	53.27	0.20	4.59	5.51	15.30	18.41	56.43	3.62	43.51	81.54	493.43	16.63
	4-2 summer	0.50	51.07	35.58	0.19	4.62	7.60	15.10	5.47	56.48	10.46	43.52	82.25	777.52	13.80
Moskovsky avenue, Desna river	5-1 summer	0.29	10.23	<NPKO	0.02	0.76	4.33	3.46	<NPKO	16.20	5.77	17.52	41.66	545.65	6.18
	5-2 summer	0.18	6.54	<NPKO	0.01	0.76	2.66	4.03	<NPKO	14.23	6.30	16.33	47.72	485.94	8.28
River street, public	6-1 summer	0.08	<NPKO	<NPKO	0.01	0.58	4.60	3.56	<NPKO	9.48	3.33	19.64	43.17	134.95	8.97
	6-2 summer	0.11	5.09	<NPKO	0.01	0.59	2.95	4.47	4.50	7.78	3.62	17.21	38.85	107.89	3.94

В воде створов определяли комплексный показатель УКИЗВ, значения которого показали превышение показателей предельно допустимых концентраций (ПДК). В створе р. Десны на ул. Речной было отмечено превышение этих значений по 5 веществам из 18 определяемых. Среди них высокие показатели имели Fe_{общ}, БПК₅, ХПК, N/NH₄⁺, N/NO₂⁻. Значение УКИЗВ показывает, что вода в течение исследуемого периода была грязной, что подтверждается высокими показателями загрязнения частных оценочных баллов по повторяемости ($S_a > 4$). Согласно классификации вод по повторяемости случаев загрязненности, загрязненность воды – «характерная». Низкие показатели были выявлены по N/NO₃⁻, F, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, Cr³⁺, Cr⁶⁺, Mn²⁺, PO₄⁻, нефтепродуктам, фенолам и формальдегидам. Степень загрязненности воды участка реки – грязная (4а).

Превышение значений ПДК в створе отбора проб района очистных сооружений (пр. Московский) было отмечено по 7 веществам из 18 определяемых: среди них высокие показатели имели $Fe_{\text{общ}}$, БПК₅, ХПК, N/NH_4^+ , N/NO_2^- , фенолы и нефтепродукты. Значение УКИЗВ на участке реки также показывает, что вода исследуемого периода была грязной, что подтверждается высокими показателями загрязнения частных оценочных баллов по повторяемости ($S_a > 4$). Согласно классификации вод по повторяемости случаев загрязненности, загрязненность воды – «характерная».

Превышение значений ПДК в створе отбора проб в фоновом створе лесопарка «Роща Соловьи» было отмечено по 7 веществам из 18 определяемых. Среди них высокие показатели имели $Fe_{\text{общ}}$, БПК₅, ХПК, N/NH_4^+ , N/NO_2^- , фенолы и нефтепродукты. Значение УКИЗВ показывает, что вода в течение данного периода была грязной, что подтверждается высокими показателями загрязнения частных оценочных баллов по повторяемости ($S_a > 4$). Согласно классификации вод по повторяемости случаев загрязненности, загрязненность воды – «характерная». Низкие показатели были выявлены по N/NO_3^- , F, Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cr^{3+} , Cr^{6+} , Mn^{2+} , PO_4^- , формальдегидам. Степень загрязненности воды на участке реки – грязная (4а). Таким образом, вода во всех трех обследуемых створах по индексу УКИЗВ характеризуется как «грязная», 4а группы. Вероятно, кумулирующая способность донных отложений р. Десны по отношению к спектру загрязняющих агентов средняя и низкая, что снижает самоочищающую способность водного объекта. Также нарушена способность ТМ к миграциям и, соответственно, к накоплению в грунтах реки [19; 20].

Заключение

Исследование донных отложений реки Десны на реперных участках (створах) показало, что содержания ТМ находятся в пределах нормы. Исключение составляет участок реки в фоновом районе. Превышение концентраций по кобальту и хрому составляет в 8,0 и 1,1 раза от установленных нормативов. Самое высокое содержание оксида титана, хрома и кобальта было отмечено в пробах на правом берегу реки Десна фонового участка, что указывает на загрязненность участка. В среднем превышение по хрому весной было отмечено в 7,5 раза, а летом – в 8 раз. По кобальту превышение показателя по сравнению с предельно допустимым составило 1,1 раза на протяжении всего весенне-летнего периода.

Вода, отобранная из р. Десны, имеет показатели УКИЗВ, соответствующие классу 4а: наиболее часто встречающимися веществами, превышающими установленные нормы, были железо, ХПК, БПК₅, азот аммонийный, азот нитритный и нитратный, фенолы.

Список литературы

- [1] Barakata A., El Baghdadia M., Raisa J., Aghezzaf B., Slassi M. Assessment of spatial and seasonal water quality variation of Oum Er Rbia River (Morocco) using multivariate statistical techniques // *International Soil and Water Conservation Research*. 2016. No. 4. P. 284–292.
- [2] Olóriz-Sanjuán C., García-Becerra F., Villada-Canela M., Alfredo Ramírez-Galindo J., Aguilar-Benítez I., Barkwith A. Assessing Socio-hydrological Resilience in Urban Metropolitan Environments: A Mexican Perspective // *Water Availability and Management in Mexico*. 2019. Vol. 88. P. 413–442.
- [3] Mekonnen M.M., Hoekstra A. Y. Global Gray Water Footprint and Water Pollution Levels Related to Anthropogenic Nitrogen Loads to Fresh Water // *Environ Science Technology*. 2015. No. 49. С. 12860–12868.
- [4] Khatri N., Tyagi S. Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas // *Frontiers in Life Science*. 2015. Vol. 8, no. 1. P. 23–29.
- [5] McDonald R.I., Katherine Weber K., Padowski J., Florke M., Schneider Ch., Green P.A., Gleeson T., Eckman S., Lehner B., Balk D., Boucher T., Grill G., Montgomery M. Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure // *Global Environmental Change*. 2017. No. 27. С. 96–105.
- [6] Денисова Л.И. Нахшина Е.П. Донные отложения водохранилищ и их влияние на качество воды. Киев: Навукова думка, 1987. 163 с.
- [7] Коновалова Э. Е. Анализ зарубежных методик оценки содержания тяжелых металлов в донных отложениях рек // *Международный студенческий научный вестник*. Пенза, 2018. 220 с.
- [8] Макаренко Т.В., Силивончик Н.М. Содержание тяжелых металлов в донных отложениях и воде водоемов и водотоков г. Гомеля // *Экологический вестник*. 2016. № 1 (35). С. 111–118.
- [9] Никаноров А.М., Брызгалов А.В., Решетняк О.С. Реки России в условиях чрезвычайных экологических ситуаций. Ростов-на-Дону: Изд-во «НОК», 2012. 308 с.
- [10] Никаноров А.М., Минина Л.И., Брызгалов В.А., Косменко Л.С., Кондакова М.Ю., Решетняк О.С., Даниленко А.О. Многолетняя изменчивость загрязненности воды и состояния речных экосистем различных широтных зон Европейской части России // *Водные ресурсы*. 2016. Т. 43. № 5. С. 515–527.
- [11] Paul D. Research on heavy metal pollution of river Ganga: A review // *Annals of Agrarian Science*. 2017. No. 15. P. 278–286.
- [12] Singh U. K., Kumar B. Pathways of heavy metals contamination and associated human health risk in Ajay River basin, India // *Chemosphere*. 2017. Vol. 174. С. 183–199.
- [13] Слуковский З. И. Геоэкологическая оценка состояния малых рек крупного промышленного города по данным о содержании тяжелых металлов в донных отложениях // *Метеорология и гидрология*. 2015. № 6. С. 81–88.
- [14] Джамалов Р. Г., Никаноров А. М., Решетняк О. С., Сафронова Т.И. Воды бассейна Оки: химический состав и источники загрязнения // *Вода и экология*. 2017. № 3. С. 114–132.
- [15] Ткаченко О.В., Ткаченко А.Н., Лычагин Н.Ю. Содержание тяжелых металлов в водных объектах дельты Дона: сезонная и пространственная динамика // *Геология, география и глобальная энергия*. 2016. № 2 (61). С. 76–79.
- [16] Искандарова Ш.Т., Усманов И.А., Хасанова М.И. Влияние донных отложений на качество воды малых рек // *Экология и строительство*. 2019. № 1. С. 20–24.

- [17] Галатова Е.А. Содержание тяжелых металлов в донных отложениях // *Аграрный Вестник Урала*. 2008. С. 82–83.
- [18] Янин Е.П. Техногенные илы в реках Московской области (геохимические особенности и экологическая оценка). М.: ИМГРЭ, 2004. 95 с.
- [19] Закруткин В.Е., Гибков Е.В., Решетняк О.С., Решетняк В.Н. Донные отложения как индикатор первичного и источник вторичного загрязнения речных вод углепромышленных территорий восточного Донбасса // *Известия РАН. Серия географическая*. 2020. Т. 84. № 2. С. 259–271.
- [20] Решетняк О.С. Экологические последствия загрязнения речных экосистем России // *Вода*. 2016. № 4 (104). С. 28–29.

References

- [1] Barakata A, El Baghdadia M, Raisa J, Aghezaf B, Slassi M. Assessment of spatial and seasonal water quality variation of Oum Er Rbia River (Morocco) using multivariate statistical techniques. *International Soil and Water Conservation Research*. 2016;4:284–292.
- [2] Olóriz-Sanjuan C, García-Becerra F, Villada-Canela M, Alfredo Ramírez-Galindo J, Aguilar-Benítez I, Barkwith A. Assessing Socio-hydrological Resilience in Urban Metropolitan Environments: A Mexican Perspective. *Water Availability and Management in Mexico*. 2019;88:413–442.
- [3] Mekonnen MM, Hoekstra AY. Global Gray Water Footprint and Water Pollution Levels Related to Anthropogenic Nitrogen Loads to Fresh Water. *Environ Science Technology*. 2015;49:12860–12868.
- [4] Khatri N, Tyagi S. Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas. *Frontiers in Life Science*. 2015;8(1):23–29.
- [5] McDonald RI, Katherine Weber K, Padowski J, Florke M, Schneider Ch, Green PA, Gleeson T, Eckman S, Lehner B, Balk D, Boucher T, Grill G, Montgomery M. Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure. *Global Environmental Change*. 2017;27:96–105.
- [6] Denisova LI, Nakhshina EP. *Bottom sediments of reservoirs and their impact on water quality*. Kyiv: Navukova Dumka Publ.; 1987. 163 p. (In Russ.).
- [7] Konovalova EE. Analysis of foreign methods for assessing the content of heavy metals in bottom sediments of rivers. *International Student Scientific Bulletin*. Penza Publ.; 2018. 220 p. (In Russ.).
- [8] Makarenko TV, Silivonchik NM. The content of heavy metals in bottom sediments and water of reservoirs and watercourses in the city of Gomel. *Ecological Bulletin*. 2016;1(35):111–118. (In Russ.).
- [9] Nikanorov AM, Bryzgalo AV., Reshetnyak OS. *Rivers of Russia in emergency environmental situations*. Rostov-on-Don: NOC publishing house Publ.; 2012. 308 p. (In Russ.).
- [10] Nikanorov AM, Minina LI, Bryzgalo VA, Kosmenko LS, Kondakova MYu, Reshetnyak O.S., Danilenko A.O. Long-term variability of water pollution and the state of river ecosystems in different latitudinal zones of the European part of Russia. *Water resources*. 2016;43(5):515–527. (In Russ.). (In English).
- [11] Paul D. Research on heavy metal pollution of river Ganga: A review. *Annals of Agrarian Science*. 2017;15:278–286.
- [12] Singh UK, Kumar B. Pathways of heavy metals contamination and associated human health risk in Ajay River basin, India. *Chemosphere*. 2017;174:183–199.

- [13] Slukovsky ZI. Geocological assessment of the state of small rivers of a large industrial city according to the content of heavy metals in bottom sediments. *Meteorology and Hydrology*. 2015;6:81–88. (In Russ.).
- [14] Dzhamalov RG, Nikanorov AM, Reshetnyak OS, Safronova TI. Waters of the Oka basin: chemical composition and sources of pollution. *Water and ecology*. 2017;3:114–132. (In Russ.).
- [15] Tkachenko OV, Tkachenko AN, Lychagin NYu. The content of heavy metals in water bodies of the Don Delta: seasonal and spatial dynamics. *Geology, geography and global energy*. 2016;2(61):76–79. (In Russ.).
- [16] Iskandarova ShT, Usmanov IA, Khasanova MI. Influence of bottom sediments on the water quality of small rivers. *Ecology and construction*. 2019;1:20–24. (In Russ.).
- [17] Galatova EA. The content of heavy metals in bottom sediments. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2008:82–83. (In Russ.).
- [18] Yanin EP. Technogenic silts in the rivers of the Moscow region (geochemical features and environmental assessment). Moscow: IMGRE Publ.; 2004. 95 p. (In Russ.).
- [19] Zakrutkin VE, Gibkov EV, Reshetnyak OS, Reshetnyak VN. Bottom sediments as an indicator of primary and secondary pollution of river waters in the coal mining areas of the eastern Donbas. *Izvestiya RAN. Geographic series*. 2020;84(2):259–271. (In Russ.).
- [20] Reshetnyak OS. Ecological consequences of pollution of river ecosystems in Russia. *Water Magazine*. 2016;4(104):28–29. (In Russ.).

Сведения об авторах:

Плахотин Алексей Сергеевич, аспирант кафедры географии, экологии и землеустройства, Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, Российская Федерация, 241040, Брянск, ул. Бежицкая, д. 14. E-mail: eco_egf@mail.ru

Анищенко Лидия Николаевна, профессор кафедры географии, экологии и землеустройства, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, Российская Федерация, 241040, Брянск, ул. Бежицкая, д. 14. ORCID: 0000-0003-4842-5174; Researcher ID in Scopus: 260617; eLIBRARY SPIN-код: 6600-6010. E-mail: eco_egf@mail.ru

Bio notes:

Aleksey S. Plakhotin, Postgraduate Student, Department of Geography, Ecology and Land Management, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, 14 Bezhitskaya St, Bryansk, 241040, Russian Federation. E-mail: eco_egf@mail.ru

Lidia N. Anishchenko, Professor of the Department of Geography, Ecology and Land Management, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, 14 Bezhitskaya St, Bryansk, 241040, Russian Federation. ORCID: 0000-0003-4842-5174; Researcher ID in Scopus: 260617; eLIBRARY SPIN: 6600-6010. E-mail: eco_egf@mail.ru