

ДЕПОНИРОВАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ В МАЛЫХ РЕКАХ ПРИТОКА КАМЫ (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ШИЛЬНА)

Шарафутдинов Р.Н.¹, Михайлов А.В.² Email: Sharafutdinov680@scientifictext.ru

¹Шарафутдинов Рафик Низамутдинович - кандидат биологических наук, доцент;

²Михайлов Андрей Валериевич – студент,

кафедра химии и экологии,

инженерно-строительное отделение,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

Набережно-Челнинский институт - филиал

Казанский (Приволжский) федеральный университет,

г. Набережные Челны

Аннотация: в статье рассматриваются последствия антропогенной и техногенной нагрузки на малые реки, поскольку малые речные водотоки являются не только начальными транзитными путями крупных рек, но и первыми накопителями загрязняющих веществ в донных отложениях, анализ которых может дать полезную информацию о влиянии промышленных предприятий и агрохозяйственной деятельности на благополучие малых водных экосистем. Во всех исследованных нами образцах донных отложений, рассчитанные нами интегральные показатели загрязнения C_s , согласно действующим региональным нормативам, показали в основном сильную степень загрязнения по подвижным формам ТМ, имеющим более актуальное значение для биоты экосистем всех уровней и порядков.

Ключевые слова: малые реки, донные отложения, тяжелые металлы.

DEPOSITION OF HEAVY METALS IN BOTTOM SEDIMENTS IN SMALL RIVERS OF KAMA INFLOW (ON THE EXAMPLE OF THE SHILNA RIVER)

Sharafutdinov R.N.¹, Mihaylov A.V.²

¹Sharafutdinov Rafik Nizamutdinovich - Candidate of Biological Sciences, Associate Professor;

²Mihaylov Andrey Valerievich – Student,

DEPARTMENT OF CHEMISTRY AND ECOLOGY,

ENGINEERING AND CONSTRUCTION DEPARTMENT,

FEDERAL STATE BUDGET EDUCATIONAL INSTITUTION HIGHER EDUCATION

NABEREZHNYE CHELNY INSTITUTE - BRANCH

KAZAN (VOLGA) FEDERAL UNIVERSITY,

NABEREZHNYE CHELNY

Abstract: the article considers the effects of anthropogenic and man-made stress on small rivers, since small river watercourses are not only the initial transit routes of large rivers, but also the first accumulators of pollutants in bottom sediments, the analysis of which can provide useful information on the impact of industrial enterprises and agro-economic activities on the well-being of small water ecosystems. In all the samples of bottom sediments studied by us, the integral indicators of C_s pollution calculated by us, according to the current regional regulations, showed mainly a strong degree of contamination by mobile forms of ТМ, which is more relevant for biota of ecosystems of all levels and orders.

Keywords: small rivers, bottom sediments, heavy metals.

УДК 504.054

Проблема загрязнения малых речных систем имеет в основном локальный характер, но суммарный их вклад в экологическое состояние крупных водоемов значителен и поэтому вызывает необходимость проводить научные исследования. Последствия антропогенной и техногенной нагрузки на малых реках проявляются ещё в большей степени в силу их малой водности. По этой же причине, а также с учетом перегруженности водосборных площадей промышленными и сельскохозяйственными объектами, мелкие водотоки являются первоочередными накопителями загрязняющих веществ в речных системах более крупных порядков.

В условиях малых скоростей течения создаются условия для накопления оседающих из водных потоков веществ в донных отложениях, анализ которых может дать полезную информацию об их антропогенно - техногенном загрязнении.

Река Шильна является одной из малых рек в окрестностях г. Набережные Челны, которая по левому берегу впадает в реку Каму, и экологическое состояние которой представляет исследовательский интерес, поскольку на небольшой площади её водосбора (326 км²) находятся крупные машиностроительные предприятия, а значительная (более 80%) часть правого и левого берега реки занята сельскими поселениями и садовыми участками.

Для исследований донных отложений были выбраны 4 пункта отбора проб донных отложений в нижнем течении р. Шильна: пункт 4 - устье реки при впадении в реку Каму, остальные вверх по течению реки (пункт 3 – на расстоянии 2 км, пункт 2 – 4 км и пункт №1 – в 6 км от устья Шильны). Время отбора и исследований – период осенней межени реки 2019 года. В каждом пункте проводили отбор 2 –х проб: на прямых участках реки посередине в стрежневой её части (точку отбора обозначили нижним индексом – 1_{стр}) и рядом, на мелководье, в местах скопления мелкодисперсных частиц (точку отбора обозначили нижним индексом – 1_{млк}), в пункте 4, на мелководье, отобрано проба 4_{млк}.

Отбор, фиксация и хранение проб осуществлялись в соответствии с требованиями ГОСТ 17.1.5.01-80 [3]. Водородный показатель измерили в свежих образцах донных отложений в день их отбора согласно ГОСТ 17.1.5.01-80[3] и ГОСТ 26423-85[5]. Определение гранулометрического состава образцов донных отложений провели лазерным анализатором размера частиц Микросайзер 201С, органического вещества - по величине потерь при прокаливании в соответствии с ГОСТ 26213-91 [4], тяжелых металлов (ТМ) в донных отложениях в ацетатно-аммонийной вытяжке (рН = 4,8) методом атомно-эмиссионной спектроскопии на оптико-эмиссионном спектрометре «Agilent 720» с горизонтально ориентированной плазмой с аксиальным обзором [6].

Для оценки степени загрязнения донных отложений были взяты «Региональные нормативы «Фоновое содержание тяжелых металлов в донных отложениях поверхностных водных объектов Республики Татарстан (РТ)»» (Приказ № 316 от 27 марта 2019 года Министерства экологии и природных ресурсов) [7]. Согласно этому документу фоновые концентрации тяжелых металлов в донных отложениях дифференцированы для рек и водохранилищ на них, в том числе русловых прудов, озер естественного и искусственного (пруды-копани, обводненные карьеры) происхождения, а также для различных типов минеральных и органических донных отложений, выделяемых по результатам определения их гранулометрического состава (содержания частиц размером менее 0,01 мм) и содержания органического вещества (по показателю потери при прокаливании). В таблице 1 приведён фрагмент таблицы применительно к условиям наших исследований.

Таблица 1. Региональные нормативы фонового содержания тяжелых металлов (ТМ) в донных отложениях поверхностных водных объектов Республики Татарстан, мг/кг (для подвижных форм) [7]

ТМ	Реки, водохранилища			
	Минеральные донные отложения, содержание органического вещества менее 30%			
	Содержание частиц <0.01 мм менее 30%		Содержание частиц <0.01 мм более 30%	
	Фон, Сф	Верхний предел, Сlim	Фон, Сф	Верхний предел, Сlim
Cd	0,06	0,10	0,28	0,42
Pb	1,27	2,21	2,56	3,70
Co	0,18	0,34	0,54	0,68
Cu	0,53	1,05	1,16	1,45
Ni	0,67	1,48	1,64	2,14
Zn	1,37	3,14	5,93	7,49
Cr	0,15	0,33	0,70	1,22
Mn	85,7	146,8	301,5	318,3

В предлагаемом региональном нормативном документе когда содержание загрязняющего вещества в пробе донных отложений превышает верхний предел фонового содержания (Сlim), установленного для соответствующего типа донных отложений рассчитывается коэффициент загрязнения (Кз) как отношение фактической концентрации вещества в пробе донных отложений (Сi) к фоновому значению (Сф) по формуле: $K_z = C_i / C_f$. При этом вводится следующая классификация: $K_z < 3$ - умеренный коэффициент загрязнения, $3 \leq K_z < 6$ - значительный, $K_z \geq 6$ – высокий. Степень загрязнения (Сз) рассчитывается как сумма коэффициентов загрязнения отдельных веществ (Кз) для данной пробы донных отложений. Градация Сз зависит от количества определяемых тяжелых металлов (N): $C_z < 2N$ - умеренная степень загрязнения, $2N \leq C_z < 4N$ - значительная степень загрязнения, $C_z \geq 4N$ - высокая степень загрязнения [7].

Исследования качества воды реки Шильна нашли отражение в ряде работ [1, 8, 9]. В работе Смирновой Н.Н. с соавторами приводятся данные мониторинговых исследований воды реки Шильны. Так, было установлено, что реакция водной среды рН = 8,2, превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) рыбохозяйственного назначения наблюдалось в 83% по меди и марганцу и 100% по общему железу. По баллам кратности превышения ПДК (Кi) основных загрязняющих веществ и удельному комбинаторному индексу загрязнённости воды (УКИЗВ) вода реки Шильна оценена как загрязнённая (3-й класс из 5) [8].

Результаты наших исследований физико-химических свойств донных отложений представлены в таблице 2. Верхние слои донных отложений находятся в контакте с речной водой, поэтому геохимические показатели в той или иной мере взаимосвязаны. Преобладают слабощелочные значения pH (табл.2), что может быть связано с распространением верхнеплейстоценовых покровных отложений, подстилаемых верхнепермскими отложениями с прослоями аргиллитов, мергелей и известняков в среднем и верхнем течении р. Шильна [2], которые являются основными водовмещающими породами для подземных вод, питающих реку.

Таблица 2. Физико-химические свойства донных отложений

Пробы	pH	Потеря при прокаливании, %	Содержание частиц менее 0,01 мм, %
1 _{стр}	7,9	7,4	9,5
1 _{млк}	7,5	5,9	17,8
2 _{стр}	7,5	3,7	10,5
2 _{млк}	7,4	6,7	19,7
3 _{стр}	7,6	7,8	27,6
3 _{млк}	7,5	7,4	33,3
4 _{стр} ^I	7,6	26,9	18,8
4 _{стр} ^{II}	7,4	29,7	17,9
4 _{млк}	7,2	29,0	20,5

По содержанию органического вещества (показатель потери при прокаливании) выделяется 4 пункт с наличием повышенного количества перегнившего органического вещества в условиях замедленного течения и мелководья. Полученные нами данные входят в раздел нормативов с содержанием органического вещества менее 30%. Анализ гранулометрического состава выявил превышение только у одного образца (3^{II}) значения 30% содержания частиц менее 10%, для которого приводятся иные нормативы содержания ТМ (табл.1).

Из исследованных 24 подвижных форм элементов из ацетатно-аммонийной вытяжки (pH = 4,8) методом атомно-эмиссионной спектроскопии были отобраны ТМ, которые определены выше предела обнаружения и входят в региональные нормативы РТ (табл. 1). Так, в донных отложениях стречневой части реки свинца (Pb), меди (Cu) и никеля (Ni) меньше, чем на мелководье, пробы которых более тяжелые по гранулометрическому составу, но отсутствует подобная связь с содержанием менее 0,01 мм у цинка (Zn) и марганца (Mn) (табл. 2, 3). Соединения хрома (Cr) обнаружены в основном в устьевой части реки.

Таблица 3. Содержание ТМ (C_m , мг/кг), коэффициенты загрязнения ($K_z > C_{lim}$) и степень загрязнения (C_z) в донных отложениях р. Шильна

Металлы	1 пункт		2 пункт		3 пункт		4 пункт			
	1 _{стр}	1 _{млк}	2 _{стр}	2 _{млк}	3 _{стр}	3 _{млк}	4 ^I _{стр}	4 ^{II} _{стр}	4 _{млк}	
Pb	C_m	0,02	0,29	н.п.о.*	0,44	0,04	0,11	1,21	0,99	0,95
	K _z	< Clim	< Clim	< Clim	< Clim					
Cu	C_m	0,36	0,53	0,43	1,01	0,56	1,42	0,84	0,96	0,51
	K _z	< Clim	2,7	< Clim	< Clim	< Clim				
Ni	C_m	0,38	1,05	0,43	1,65	0,90	1,61	2,72	2,38	2,2
	K _z	< Clim	< Clim	< Clim	2,45	< Clim	< Clim	4,05	3,55	3,0
Zn	C_m	7,33	5,62	2,99	7,58	5,25	5,09	21,5	21,1	18,2
	K _z	5,4	4,1	< Clim	5,5	3,8	< Clim	15,7	15,4	13,28
Cr	C_m	н.п.о.*	н.п.о.*	н.п.о.*	н.п.о.*	0,16	н.п.о.*	0,34	0,23	0,15
	K _z	< Clim	2,28	< Clim	< Clim					
Mn	C_m	454,99	357,66	358,71	296,61	524,55	330,31	1173,05	1154,41	855,01
	K _z	5,3	4,2	4,2	3,5	6,1	1,1	13,7	13,5	9,97
Значения C_z	10,6	8,3	4,2	11,4	10,0	3,8	35,7	32,5	26,2	
Степень загрязнения	сильная	сильная	значительная	сильная	сильная	умеренная	сильная	сильная	сильная	

*Примечание: н.п.о. – ниже предела обнаружения.

Превышение концентрации свинца и хрома выше фоновых значений в данных исследованиях не были обнаружены. В пункте 3 было определено повышенное содержание меди только выше фонового значения C_f , но ниже верхнего предела (C_{lim}). Никель выше значений фоновых C_{lim} лишь в пробе 2^{II} и во всех пробах 4 пункта (устье реки). Содержание цинка кроме 3 пункта во всех остальных выше предельных фоновых значений. Другим сильным загрязнителем обнаружен марганец, многократно превышающий значения C_{lim} по всем исследованным пунктам и образцам.

Полученные нами данные о степени загрязнения C_z дают основание для оценивания экологического состояния водной среды в устье реки Кама в результате возможного вторичного загрязнения потенциально опасными донными отложениями или пойменных экосистем при складировании донного материала на сопряженные с рекой земли. Сравнение данных по пунктам исследований показало, что устье реки (пункт 4) в наибольшей степени депонирует загрязняющие вещества, намного превышая верхний предел ($C_z \geq 4N$) сильного загрязнения (табл.3) - более чем в 4 раза. В верхних по течению реки пунктах отбора донных проб также обнаружено превышение нормативных пределов, в большинстве случаев $C_z > 8$ (для $N = 2$, сильное загрязнение), и только в единичных случаях выявлены значительная и умеренная степень загрязнения.

Наши исследования имеют рекогносцировочный характер. Тем не менее можно сделать определённые предварительные выводы. Так реакция среды в реке Шильна имеет слабощелочной характер в силу карбонатности геологических отложений в районе питания подземными водами. На мелководье в седиментах содержится больше мелкодисперсных частиц, с которыми возможно связано повышенное накопление подвижных форм свинца, меди и никеля. Влияние крупных промышленных предприятий и агрохозяйственной деятельности подтвердило уязвимость малой водной экосистемы. Во всех исследованных нами образцах донных отложений, взятых в осенний меженьный период с наименьшим осаждением свежих седиментов, интегральные показатели загрязнения C_z , выявили сильную степень загрязнения по подвижным формам ТМ, имеющими более актуальное значение для биоты экосистем всех уровней и порядков по сравнению с валовыми формами элементов. Наибольшее загрязнение обнаружено в устьевой части реки Шильна.

Список литературы / References

1. Волкова Е.В., Хакимова А.Х., Салиева А.Н. Источники загрязнения малых рек Тукаевского района Республики Татарстан / В книге: География и регион. IV. Гидрология и охрана водных ресурсов. Пермь, 2002. С. 58–61.
2. Геологическое изучение земных недр республики Татарстан / Под ред. В.Н. Соколова, М.Я. Боровского, Р.Х. Сунгатуллина // Сб. статей, посвященный 15-летию РГГП «Татарстангеология» Казань: Изд-во Казанского университета, 2002. 192 с.
3. ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность.
4. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества.
5. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки.
6. Оптико-эмиссионные спектрометры ИСП Agilent серии 700. Руководство пользователя. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agilent.com/cs/library/usermanuals/public/8510230100-Russian.pdf> (дата обращения: 20.01.2020).
7. Приказ Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан от 27 марта 2019 г. № 316-п "Об утверждении региональных нормативов "Фоновое содержание тяжелых металлов в донных отложениях поверхностных водных объектов Республики Татарстан". [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pravo.tatarstan.ru/rus/oiv/min/eco/?nra_id=352971/ (дата обращения: 20.01.2020).
8. Смирнова Н.Н. Качество поверхностных вод в районе г. Набережные Челны Республики Татарстан / Н.Н. Смирнова, Р.М. Падемирова, Ю.В. Донскова // Евразийский Союз Учёных, 2016. № 31. С. 25-27.
9. Хакимова А.Х. Влияние промышленных стоков на качество вод реки Шильна / А.Х. Хакимова, Л.Г. Обухова // Современная геодинамика, глубинное строение и сейсмичность платформенных территорий и сопредельных регионов. Материалы международной конференции. Воронеж: ВГУ, 2001. С. 207-208.