

УДК 543.3:556.531(282.247.321.7)

Изучение состава поверхностных вод р. Сож в районе г. Гомеля

Т.В. МАКАРЕНКО, Ю.А. ПРОЛЕСКОВСКИЙ, Е.Л. ЗЫКОВА, О.В. ПЫРХ

Основными загрязнителями р. Сож в пределах Гомеля являются поверхностный сток с городской территории и сельскохозяйственных угодий, расположенных по берегам реки, а также очищенные бытовые стоки городских очистных сооружений. Речные воды в районе г. Гомеля загрязнены нефтепродуктами, нитрит-ионами, фосфатами, ионами меди, цинка, хрома, никеля и железа. Увеличение содержания отдельных загрязнителей на участке реки в городской черте, в среднем, на 50–70% свидетельствует о загрязнении речной воды поверхностным стоком г. Гомеля. Несинхронность сезонных изменений концентраций изучаемых тяжелых металлов в пробах, взятых выше и ниже города может быть связана с различными доминирующими каналами поступления их в реку.

Ключевые слова: поверхностные природные воды, тяжелые металлы, антропогенная нагрузка, фоновые концентрации.

The main pollutants of the river Sozh within Gomel are runoff from urban areas and agricultural lands located on the banks of the river, and cleaned of urban domestic waste water treatment facilities. The river waters in the Gomel region are contaminated with oil products, nitrite ions, phosphates, ions of copper, zinc, chromium, nickel and iron. The increase of individual pollutants in the area of the river within the city boundary, on average, by 50–70% indicates the contamination of river water runoff in Gomel. Asynchronous seasonal changes in the concentrations of heavy metals in the studied samples from above and below the city may be associated with different dominant channels of their entry into the river.

Keywords: surface natural waters, heavy metals, anthropogenic load, background concentrations.

Введение

Несмотря на предпринимаемые меры по вводу в действие и совершенствованию очистных сооружений, проблема охраны водных ресурсов в Республике Беларусь является актуальной и в настоящее время. Поступление в природные водоемы загрязняющих веществ в составе дождевых и талых вод вследствие смыва органических и минеральных удобрений с сельхозугодий и поверхностного стока с урбанизированных территорий, а также с бытовыми сточными водами и сточными водами предприятий приводит в ряде случаев к превышению предельно допустимых концентраций. Основным источником загрязнения поверхностных вод считаются выпуски загрязненных сточных вод (включая нормативно-очищенные). Однако сопоставление средних концентраций в природной и сточной водах показывает, что на некоторых реках Беларуси по отдельным загрязнителям (медь, цинк, азот нитритный, нефтепродукты и др.) концентрации загрязняющих веществ в природных водах превышают концентрации этих же веществ в сточных водах [1]. Такое положение может быть следствием трех причин:

1) неполный учет количества сбрасываемых загрязняющих веществ в статистических отчетах водопользователей вследствие несвоевременного предоставления некоторыми предприятиями данных о составе сточных вод;

2) в ряде случаев содержащиеся в статистических отчетах нулевые значения отдельных ингредиентов обусловлены отсутствием контроля за содержанием этих компонентов;

3) значительное влияние рассредоточенных источников загрязнения, т. е. поступление в водные объекты загрязняющих веществ в составе поверхностного стока с урбанизированных территорий, животноводческих комплексов, сельхозугодий, стоянок автотранспорта, дорожных магистралей, оседания газопылевых частиц на поверхности водоемов, а также загрязненности выпадающих осадков.

Последняя причина является более характерной, на что указывают результаты специальных исследований Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды по оценке выноса некоторых загрязнителей поверхностным стоком с сельхозугодий и животноводческих комплексов [1]. Наиболее сильное комплексное воздействие на реки оказывают урбанизированные территории. Ежегодный вынос взвешенных наносов с городских территорий в реки оценивается от 80 т/км² (р. Потомок г. Вашингтон) [2] до 600 т/км² (р. Москва г. Москва), для площадей, занятых под городским строительством, – 16–244 т/га, в то время как снос с земель, находящихся под сельхозобработкой, – 1,5–9,6 т/га, а под лесами – 0,07–0,45 т/га [3].

Река Сож является основной водной артерией г. Гомеля и испытывает пресс Гомельской городской агломерации, 58% территории которой расположено по обоим берегам реки в ее нижнем течении. Из реки имеет место забор воды как для технических нужд и полива приусадебных участков, так и для водоснабжения населения города питьевой водой. Все это предъявляет к химическому составу природной воды р. Сож особые экологические требования.

В связи с этим целью настоящей работы стало изучение состава поверхностных вод р. Сож до принятия стоков г. Гомеля и ниже черты города по течению.

Материалы и методы исследования

Изучение основных гидрохимических показателей р. Сож начато в 1999 году и продолжается по настоящее время. Особое внимание уделяется тем участкам реки, где по берегам расположены районы города, дачные поселки и зоны отдыха в д. Ченки.

Отбор проб речной воды проводился в следующих точках: 1 км выше черты г. Гомеля (точка № 1); 1 км ниже черты города (точка № 2); 7 км ниже черты г. Гомеля (точка № 3) район д. Ченки.

Пробы воды отбирались батометром с глубины 1 м. В пробах определяли pH, содержание взвешенных веществ, БПК-5, содержание нитрит-, нитрат-, сульфат-, фосфат-, хлорид-ионов, ионов аммония и СПАВ (синтетических поверхностно-активных веществ) с использованием стандартных методик. Содержание тяжелых металлов определялось на атомно-адсорбционном спектрометре «Перкин Элмер – 330» (США) [4].

Результаты и их обсуждение

Участок реки, проходящий через городской массив, принимает стоки Мильчанской канавы, многочисленные ливневыпуски центральной части города, дождевые воды, стекающие с территории микрорайона «Монастырек» и д. Якубовка, ливневки микрорайонов «Фестивальный» и «Новобелица», а также стоки 11 промышленных предприятий.

Река Сож выше г. Гомеля по течению принимает стоки городов и поселков Могилевской и Гомельской областей, а также дождевую и талую воду, стекающую с сельхозугодий и приусадебных участков. Возможно, это явилось причиной повышенного содержания отдельных загрязнителей в пробах, взятых выше черты города Гомеля (таблица 1).

Так как р. Сож, как и большинство водоемов и водотоков Республики Беларусь, является не только объектом хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения, но и используется для выращивания многих ценных промышленных видов рыб, то сравнение концентраций основных загрязнителей проводили с ПДК для водоемов рыбохозяйственного пользования [5].

Так, содержание нефтепродуктов в пробах воды, взятых выше черты города, было в 2,4–3,0 раза выше ПДК, концентрация нитрит-ионов превышала норму в 2,4–2,6 раза. Остальные показатели не превышали нормативно-допустимых значений. Сравнивая величины содержания изучаемых показателей в воде реки выше города по течению в 2009 и 2011 гг., можно отметить, что состав речной воды в данной точке изменился незначительно.

Речная вода на участке ниже черты города на 1 км характеризуется повышенным содержанием фосфатов, азота аммонийного, хлоридов, сульфатов, СПАВ и нефтепродуктов в сравнении с пробами воды, взятыми выше черты города. Содержание вышеперечисленных загрязнителей увеличилось при движении вниз по течению реки в среднем на 50–70%. Зна-

чение водородного показателя в речной воде ниже города незначительно выходило за рамки допустимой нормы, вода имела слабощелочную среду ($\text{pH} = 8,7\text{--}8,8$). Значительно выросло биологическое потребление кислорода с 3,8 до 5,1 мг $\text{O}_2/\text{дм}^3$ (в среднем в 1,7 раза), однако предельно-допустимая концентрация не была превышена; содержание нефтепродуктов превысило ПДК в 5–6 раз; концентрация нитритов составила 3,0 ПДК, фосфатов – 3,3 ПДК.

В 2011 г. в речной воде ниже города увеличилось содержание взвешенных веществ, азота аммонийного, хлоридов и нефтепродуктов в среднем на 7–17% по сравнению с 2009 годом. Резко увеличилось содержание фосфатов. Это говорит об увеличении загрязнения реки, хотя содержание ионов в стоках предприятий уменьшилось на 12–40% [6]. Все это свидетельствует о росте долевого вклада бытовых стоков в загрязнение воды р. Сож. Анализ данных о химическом составе речной воды выше и ниже города по течению указывает на увеличение содержания практически всех исследуемых показателей после принятия стоков в среднем на 22–78%.

В бассейне р. Сож имеется достаточное количество водных ресурсов для разбавления сточных вод до нормативов водоемов рыбохозяйственного водопользования. Об этом свидетельствуют результаты анализа речной воды в районе д. Ченки. В пробах, отобранных в значительно ниже города (точка № 3), только содержание нефтепродуктов превышало допустимую норму в 1,7 раза, концентрация нитрит ионов была на уровне ПДК.

Таблица 1 – Физико-химические показатели состояния и содержания анионов воды р. Сож
В мг/дм³

Показатели	ПДК	Место отбора проб					
		р. Сож 1 км выше г. Гомеля		р. Сож 1 км ниже г. Гомеля		р. Сож 7 км ниже г. Гомеля	
		2009	2011	2009	2011	2009	2011
рН	6,5–8,5	8,2	8,3	8,7	8,8	8,3	8,3
БПК-5 (мг $\text{O}_2/\text{дм}^3$)	не более 6,0	3,85 $\pm 0,39$	3,74 $\pm 0,38$	5,17 $\pm 0,53$	4,76 $\pm 0,49$	3,21 $\pm 0,34$	3,97 $\pm 0,41$
Взвешенные вещества	0,75	0,42 $\pm 0,047$	0,44 $\pm 0,046$	0,62 $\pm 0,066$	0,70 $\pm 0,073$	0,43 $\pm 0,043$	0,38 $\pm 0,040$
Нефтепродукты	0,05	0,15 $\pm 0,014$	0,12 $\pm 0,013$	0,25 $\pm 0,027$	0,30 $\pm 0,029$	0,11 $\pm 0,010$	0,08 $\pm 0,009$
СПАВ	0,10	0,06 $\pm 0,005$	0,06 $\pm 0,006$	0,09 $\pm 0,008$	0,08 $\pm 0,007$	0,06 $\pm 0,007$	0,07 $\pm 0,007$
NO_3^-	40	3,70 $\pm 0,39$	3,05 $\pm 0,31$	5,28 $\pm 0,57$	5,62 $\pm 0,057$	2,17 $\pm 0,023$	2,64 $\pm 0,027$
NO_2^-	0,08	0,21 $\pm 0,029$	0,19 $\pm 0,021$	0,24 $\pm 0,022$	0,23 $\pm 0,025$	0,08 $\pm 0,008$	0,08 $\pm 0,009$
NH_4^+	0,50	0,15 $\pm 0,015$	0,17 $\pm 0,018$	0,31 $\pm 0,037$	0,41 $\pm 0,046$	0,18 $\pm 0,020$	0,18 $\pm 0,019$
PO_4^{3-}	0,2	0,12 $\pm 0,014$	0,18 $\pm 0,021$	0,14 $\pm 0,068$	0,67 $\pm 0,068$	0,08 $\pm 0,009$	0,11 $\pm 0,012$
Cl^-	300,0	96,12 $\pm 10,83$	74,87 $\pm 8,23$	155,69 $\pm 16,31$	174,56 $\pm 18,37$	88,71 $\pm 9,01$	69,16 $\pm 7,39$
SO_4^{2-}	100,0	30,56 $\pm 3,10$	37,71 $\pm 3,39$	72,18 $\pm 7,36$	67,62 $\pm 7,06$	27,71 $\pm 2,94$	33,15 $\pm 3,45$

Берега р. Сож выше города по течению распаханы под сельхозугодья, близко к воде подходят приусадебные участки. Ниже города по течению такой сельхознагрузки река не испытывает, и поступающая в реку дождевая вода несет незначительное количество загрязнителей. Это может являться причиной снижения содержания практически всех изучаемых по-

казателей на 5–30% в воде реки на участке 7 км ниже черты города. Химический состав воды в районе д. Ченки в 2009 и в 2011 гг. отличался незначительно.

Повышенное содержание тяжелых металлов в природных водах часто обусловлено хозяйственной деятельностью человека. Именно благодаря антропогенным загрязнениям в водоемы попадают большие количества никеля, свинца, хрома, кадмия, ртути, которые обычно содержатся в природных водах в очень небольших количествах. Ионы металлов входят в состав удобрений и пестицидов и могут попадать в водоемы вместе со стоком с сельскохозяйственных угодий.

Соединения тяжелых металлов не подвергаются деструкции в природных экосистемах, их соединения довольно устойчивы. Поступая в водоемы, они включаются в круговорот веществ и подвергаются различным превращениям. Неорганические соединения быстро связываются буферной системой воды и переходят в слабо растворимые гидроокиси, карбонаты, сульфиды и фосфаты, а также образуют металлоорганические комплексы, адсорбируются донными осадками. Кроме того, металлы способны накапливаться в различных организмах и передаваться в возрастающих количествах по трофической цепи, негативно воздействуя на водную экосистему.

Как показали исследования, речная вода, взятая выше города, по содержанию тяжелых металлов приближается к нормативным показателям, предъявляемым для водоемов рыбохозяйственного назначения (таблица 2). Содержание ионов хрома находится на уровне ПДК, железа общего и меди приближается к фоновому значению, количество ионов цинка превышает фоновое значение в 1,6 раза. Концентрация ионов кадмия и свинца значительно ниже предельно-допустимых.

Таблица 2 – Содержание ионов тяжелых металлов в природных водах реки Сож

В мг/дм³

Ионы	ПДК	Место отбора проб					
		р. Сож 1 км выше г. Гомеля		р. Сож 1 км ниже г. Гомеля		р. Сож 7 км ниже г. Гомеля	
		2009	2011	2009	2011	2009	2011
Zn ²⁺	0,01*	0,026 ±0,001	0,029 ±0,003	0,033 ±0,003	0,034 ±0,003	0,017 ±0,002	0,016 ±0,002
Cd ²⁺ (мкг/л)	5,00	0,20 ±0,024	0,20 ±0,022	0,70 ±0,071	0,70 ±0,074	0,30 ±0,034	0,30 ±0,032
Pb ²⁺	0,10	0,005 ±0,0006	0,005 ±0,0006	0,007 ±0,0007	0,007 ±0,0008	0,002 ±0,0002	0,002 ±0,0003
Cr _{общ}	0,005	0,004 ±0,0005	0,005 ±0,0005	0,006 ±0,0007	0,006 ±0,0007	0,001 ±0,0001	0,001 ±0,0001
Cu ²⁺	0,001*	0,04 ±0,005	0,05 ±0,006	0,08 ±0,010	0,08 ±0,009	0,03 ±0,003	0,03 ±0,004
Fe _{общ}	0,10*	0,35 ±0,037	0,38 ±0,033	0,52 ±0,053	0,48 ±0,050	0,24 ±0,22	0,26 ±0,024
Ni ²⁺	0,01	0,008 ±0,0007	0,007 ±0,0007	0,013 ±0,0012	0,015 ±0,0013	0,005 ±0,0004	0,007 ±0,0006

* к природному фоновому содержанию

Примечание: природное фоновое значение содержания тяжелых металлов в воде рыбохозяйственных водных объектов: Fe_{общ} – 0,380; Cu²⁺ – 0,004; Zn²⁺ – 0,016 мг/дм³.

После принятия стоков города содержание тяжелых металлов в воде реки значительно увеличилось. Так, концентрация кадмия выросла в 3,5 раза, никеля – в 1,6–2,1 раза, меди – в 1,6–2,0 раза, содержание свинца увеличилась на 40%, железа – на 37%, хрома – на 20%, цинка – на 15%. Концентрация ионов никеля в воде, отобранной в 1 км ниже городской черты, превышает ПДК на 30–50%, хрома – на 20%, содержание меди и цинка выше природных фо-

новых значений в 2 раза, железа общего – на 37%. Это указывает на негативное влияние поверхностных стоков с городских территорий на качество воды р. Сож.

Таким образом, вода в р. Сож ниже городской черты загрязнена ионами тяжелых металлов, и это загрязнение поликомпонентно, что не позволяет отнести ее к категории чистой воды, пригодной для рыбохозяйственной деятельности.

Повышенные концентрации металлов в воде реки могут быть не только следствием влияния загрязненных дождевых, талых, бытовых сточных вод, поступающих в реку, но и обусловлены влиянием аэрозольных выпадений поллютантов из воздушных масс города, содержащих большое количество токсичных веществ. Содержание тяжелых металлов в речной воде ниже города в 2009 г. и в 2010 г. отличалось незначительно.

В пробах воды, отобранных в районе д. Ченки, наблюдается закономерная картина существенного уменьшения содержания тяжелых металлов по мере удаления от источника загрязнения за счет так называемого эффекта разбавления сточных вод речными. Содержание ионов хрома снижается в 6 раз, свинца – в 3,5 раза, меди – в 2,7 раза, кадмия – в 2,3 раза, цинка и железа – в 2 раза.

Концентрация изучаемых металлов (за исключением кадмия) была ниже содержания их в пробах, взятых выше города. Количество всех изучаемых тяжелых металлов ниже ПДК либо фоновых концентраций. Причина резкого снижения содержания ионов-токсикантов в воде 7 км ниже города Гомеля может быть связана со значительно меньшим количеством сельхозугодий по сравнению с участком берега выше города по течению и меньшим поступлением в реку загрязнителей.

Как видно из таблицы 3, сезонные изменения концентраций изучаемых тяжелых металлов в воде р. Сож выше и ниже города не совпадают. В пробах, взятых выше города по течению, не отмечено сезонных изменений в содержании кадмия, свинца и хрома. После принятия стоков города концентрация хрома также не изменяется по сезонам, для кадмия максимальное содержание наблюдается зимой, для свинца – весной и летом. Минимальная концентрация свинца приходится на зимний период, кадмия – на осенний. Для цинка и меди в речной воде выше города отмечается синхронное изменение концентраций с максимумом содержания весной и минимумом – осенью.

Таблица 3 – Сезонные изменения содержания ионов тяжелых металлов в воде р. Сож

В мг/дм³

Ионы	Сезоны							
	Зима		Весна		Лето		Осень	
	Точка № 1	Точка № 2	Точка № 1	Точка № 2	Точка № 1	Точка № 2	Точка № 1	Точка № 2
Zn ²⁺	0,021 ±0,001	0,025 ±0,002	0,030 ±0,002	0,039 ±0,003	0,030 ±0,003	0,042 ±0,004	0,023 ±0,002	0,030 ±0,003
Cd ²⁺ (мкг/дм ³)	0,20 ±0,022	0,90 ±0,094	0,20 ±0,021	0,70 ±0,074	0,20 ±0,031	0,70 ±0,080	0,20 ±0,021	0,50 ±0,042
Pb ²⁺	0,004 ±0,0005	0,005 ±0,0006	0,005 ±0,0005	0,009 ±0,0009	0,004 ±0,0005	0,009 ±0,0008	0,005 ±0,0005	0,007 ±0,0007
Cr _{общ}	0,005 ±0,0006	0,006 ±0,0005	0,005 ±0,0006	0,006 ±0,0007	0,005 ±0,0006	0,006 ±0,0007	0,005 ±0,0005	0,006 ±0,0007
Cu ²⁺	0,04 ±0,005	0,08 ±0,0009	0,06 ±0,0007	0,11 ±0,010	0,04 ±0,006	0,04 ±0,004	0,03 ±0,003	0,09 ±0,009
Fe _{общ}	0,47 ±0,049	0,63 ±0,067	0,29 ±0,031	0,45 ±0,047	0,43 ±0,0042	0,75 ±0,0074	0,30 ±0,031	0,39 ±0,040
Ni ²⁺	0,006 ±0,0007	0,007 ±0,0008	0,007 ±0,0008	0,013 ±0,0011	0,010 ±0,0010	0,008 ±0,0009	0,009 ±0,0009	0,024 ±0,0026

Ниже города по течению сезонной динамики в содержании цинка не зафиксировано. Для меди максимальная концентрация определена весной, минимальная – летом. Только для ионов железа и никеля сезонная динамика, отмеченная в речной воде выше города, сохраняется и для проб, взятых ниже города. Для железа во всех пробах максимальная концентрация приходится на зимний и летний периоды, максимальное содержание никеля отмечено в летне-осенний период, минимальное – в зимний период.

Заключение

Основными загрязнителями р. Сож в пределах Гомеля являются поверхностный сток с городской территории и сельскохозяйственных угодий, расположенных по берегам реки, а также очищенные бытовые стоки городских очистных сооружений.

Речные воды в районе г. Гомеля загрязнены нефтепродуктами (превышение ПДК в 5–6 раз), нитрит-ионами (3,0 ПДК), фосфатами (3,3 ПДК), ионами меди, цинка, хрома, никеля и железа. Состав воды с участка, расположенного в 7 км ниже г. Гомеля, приближается к нормативным значениям для водоемов рыбохозяйственного водопользования, что указывает на наличие в р. Сож достаточных водных ресурсов для разбавления загрязненных вод.

Увеличение содержания отдельных загрязнителей на участке реки в городской черте в среднем на 50–70% свидетельствует о загрязнении речной воды поверхностным стоком г. Гомеля.

Несинхронность сезонных изменений концентраций изучаемых тяжелых металлов в пробах, взятых выше и ниже города, может быть связана с различными доминирующими каналами поступления их в реку.

Литература

1. Состояние окружающей среды Республики Беларусь. Национ. доклад / М-во прир. ресур. и охр. окр. ср. РБ, Гос. научн. учр-е «Инст-т природопольз. Нац. академ. Наук Беларуси». – Минск : Белтаможсервис, 2010. – 150 с.
2. Forstner, U. Metal pollution in the aquatic environment / U. Forstner, G. Wittmann. – New York : Springer: Verlag, 1979. – P. 286–289.
3. Кузнецов, В.А. Геохимия речных долин / В.А. Кузнецов. – Минск : Наука и техника, 1986. – 303 с.
4. Новиков, Ю.В. Методы исследования качества воды водоемов / Ю.В. Новиков, К.О. Ласточкина, З.Н. Болдина. – М. : Медицина, 1990. – 400 с.
5. О внесении изменений и дополнений в постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 8 мая 2007 г. № 43/42 «О некоторых вопросах нормирования качества воды рыбохозяйственных водных объектов»: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 24 дек. 2009 г., № 70/139 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2009. – № 132. – 8/16491.
6. Состояние природной среды Беларуси. Экологический бюллетень 2009 г. / Национ. акад. наук Бел. ; под общ. ред. В.Ф. Логинова. – Минск : Минсктиппроект, 2010. – 397 с.