

УДК 594:549.25/.29(285.2)(476.2-21)

Макаренко Татьяна Викторовна, Штанько Анна Игоревна,  
Иванов Алексей Олегович  
УО «ГГУ имени Франциска Скорины»  
(Гомель, Беларусь)

## ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В МЯГКИХ ТКАНЯХ МОЛЛЮСКОВ И ВОДОЁМАХ г. ГОМЕЛЯ

*В работе представлена информация о содержании тяжелых металлов в воде и мягких тканях моллюсков водоемов г. Гомеля. Рассчитан суммарный показатель загрязнения водоема ( $Z_{\text{сумм.}}$ ) и на основании полученных данных, сделаны выводы о степени загрязненности водоемов металлами г. Гомеля.*

**Ключевые слова:** тяжёлые металлы, вода, пресноводные моллюски, биомониторинг

*Makarenko Tatyana V., Shtanko Hanna I., Ivanov Alexey O.  
Gomel State University named after F. Skaryna  
(Gomel, Belarus)*

## STUDY OF THE CONTENT OF HEAVY METALS IN SOFT TISSUES OF MOLLUSCS AND WATER OF GOMEL

*The paper describes the contamination of soft tissues of mollusks and surface waters of the city of Gomel and adjacent territories by heavy metals (zinc, copper, lead) in 2018. The integral pollution index of the studied water bodies and soft tissues of mollusks ( $Z_{\text{total}}$ ) was calculated and based on the obtained results of the conclusions about the technogenic load on the reservoirs of the city of Gomel in 2018*

**Key words:** heavy metals, water, freshwater mollusks, biomonitoring.

Целью работы являлась оценка содержания тяжелых металлов в воде и мягких тканях двустворчатых моллюсках водоемов г. Гомеля и его окрестностей.

Исследования проводились в течение 2018 г. Были выбраны водоёмы г. Гомеля и прилегающих территорий, испытывающие различную антропогенную нагрузку. На территории города располагаются озера Дедно, Шапор, в пригородной зоне отдыха – озеро Круглое. Оз. Дедно контактирует с водоёмом, напрямую принимающим стоки городских коллекторов (Прудковский и Хатаевичский коллекторы, куда собираются стоки нескольких автопредприятий и фабрики «Спартак»); в оз. Шапор поступает поверхностный сток с территории таких предприятий, как ООО «Гомельдрев», «Гомельбой» и ФСК; оз. У-образное располагается возле рынка «Прудковский» и со всех сторон окружено автотрассами, а также в водоём поступают стоки с территории автостоянки, расположенной у рынка; оз. Круглое располагается в загородной зоне, однако в водоём поступает поверхностный сток с территории предприятия «Электроаппаратура». В

качестве фонового водоёма был выбран старичный комплекс р. Сож, расположенный на 15 км выше черты города по течению реки и не имеющий видимой антропогенной нагрузки.

Отбор проб воды на различных участках указанных водоемов проводился батометром, по общепринятой методике [2]. Содержание тяжёлых металлов в исследуемых образцах поверхностных вод определялось атомно-абсорбционным методом на ААС «Perkin Elmer – 406» на базе Государственного учреждения «Гомельский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья». Содержание тяжёлых металлов в мягких тканях моллюсков определялось на базе Государственного научного учреждения «Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси».

Для исследований были выбраны виды моллюсков, распространённые в водоёмах Беларуси: класс двустворчатые (*Bivalvia*) – беззубка обыкновенная (*Anodonta cygnea* L.), перловица обыкновенная (*Unio pictorum* L.).

**Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в воде водоемов г. Гомеля и прилегающей территории**

*В мг/дм<sup>3</sup>*

Наименование водоёма	Зима 2018 г.			Весна 2018 г.			Лето 2018 г.		
	Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn
Оз. Дедно	0.001	0.006	0.029	0.001	0.006	0.055	0.002	0.006	0.015
Оз. Круглое	0.0075	0.005	0.026	0.009	0.005	0.03	0.008	0.005	0.032
Оз. Шапор	0.0071	0.001	0.014	0.0065	0.001	0.019	0.005	0.001	0.009
Оз. У-образное	0.017	0.001	0.065	0.027	0.001	0.012	0.013	0.001	0.025
Фоновый водоём	0.001	0.002	0.025	0.001	0.002	0.030	0.001	0.002	0.005
ПДК <sub>рыбохоз.</sub>	0.001	0.1	0.01	0.001	0.1	0.01	0.001	0.1	0.01
ПДК <sub>культ.-быт.</sub>	0.1	0.03	1.0	0.1	0.03	1.0	0.1	0.03	1.0

Предполагалось, что максимальное содержание тяжёлых металлов будет приходиться на весенний период, когда в водоёмы поступает значительное количество поверхностных стоков при таянии снега. Однако, для свинца изменение концентрации по сезонам отмечено не было. Его содержание во всех водоёмах было практически одинаково за весь период исследования, хотя, как было сказано ранее, водоёмы испытывают различную антропогенную нагрузку. Значение концентрации цинка колеблется для всех водоёмов, но не значительно. Для оз. Круглое, У-образное сохранилась тенденция максимального содержания тяжёлых металлов в весенний период. Концентрация меди в оз. Шапор снижалась с течением времени (максимум приходится на зимний период, минимум – на летний). Для оз. Дедно максимум концентрации установился в летний период. Выявить наиболее загрязнённый водоём по концентрации металлов довольно сложно. Исходя из приведенных данных в таблице 1 видно, что максимальная концентрация цинка отмечена для оз. У-образное (0,065 мг/дм<sup>3</sup>), минимальная для Фонового водоема (0,005 мг/дм<sup>3</sup>). Для меди, минимальная концентрация металла зафиксирована для оз. Дедно и Фонового водоёма (0,001 мг/дм<sup>3</sup>), максимальная концентрация – для оз. Круглое (0,009 мг/дм<sup>3</sup>). Минимальная концентрация для свинца отмечена для оз. Шапор (0,001 мг/дм<sup>3</sup>), максимум – для оз. Дедно (0,006

мг/дм<sup>3</sup>). Например, если в оз. Дедно наблюдается минимальное значение концентрации меди, то для свинца в этом же водоёме зарегистрировано максимальное значение.

Стоит отметить, что при сравнении с ПДК<sub>культ.-быт.</sub> не зафиксировано ни одного превышения предельно допустимой концентрации исследуемых металлов. Для ионов цинка наблюдалось превышение ПДК<sub>рыбохоз.</sub> для всех изучаемых водоёмов практически в 1,5 – 3,0 раза. Для ионов меди также прослеживалось превышения ПДК<sub>рыбохоз.</sub> для всех водоёмов в среднем в 3,0 – 6,0 раза. Для ионов свинца не было зафиксировано превышение ПДК<sub>рыбохоз.</sub> в изучаемый период.

Согласно исследованиям, результаты которых приведены в таблице 1, изучаемые металлы можно расположить в следующей последовательности: медь > цинк > свинец, которая характерна для всех изучаемых водоёмов.

Интегральным способом оценки загрязнения вод поллютантами является суммарный показатель загрязнения [2]:

$$Z_{\text{сум}} = \left( \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{\text{пдк}}} \right) - (n - 1), \quad (1)$$

где  $Z_{\text{сум}}$  – суммарный показатель загрязнения;  $C_i$  – концентрация загрязнителя в воде изучаемого водоема;  $C_{\text{пдк}}$  – предельно допустимая концентрация;  $n$  – количество нормируемых загрязнителей.

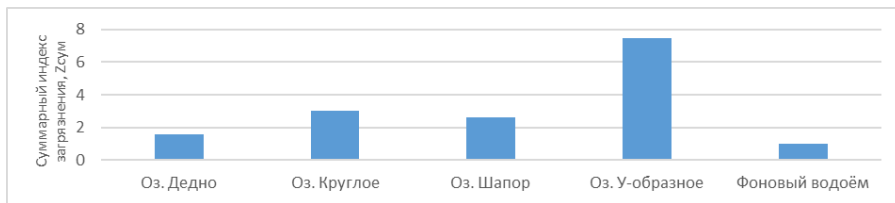


Рисунок 1. Суммарный показатель загрязненности воды тяжелыми металлами  $Z_{\text{сум}}$  водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий

По степени загрязнённости водоёмы можно расположить в следующем порядке: оз. У-образное > оз. Круглое > оз. Шапор > оз. Дедно > фоновый водоём. При оценке общего уровня загрязнения поверхностных вод исследованных водоемов тяжелыми металлами с помощью суммарного показателя техногенного воздействия установлено, что максимальный уровень загрязнения отмечен в воде оз. У-образное. Здесь основными загрязнителями являются медь и свинец: их концентрации в водоёме превышают предельно допустимые концентрации соответственно в 8,5 и 2,9 раза. Можно было предположить, что высокий уровень загрязнения должен быть зафиксирован для оз. Дедно, которое контактирует с водоёмом, который принимает стоки предприятий. Однако, контакт осуществляется через земляную дамбу и, вероятнее всего, сточные воды очищаются за счёт прохождения через слой почвы и содержание загрязнителей в воде снижается. По уровню загрязнения тяжёлыми металлами оз. Круглое располагается на втором месте. Хотя, оз. Шапор несёт более видимую антропогенную нагрузку, чем оз. Круглое. В оз. Шапор поступает

поверхностный сток с таких предприятий, как ООО «Гомельдрев», «Гомельбойи» и ФСК, а оз. Круглое принимает сток с предприятия «Электроаппаратура». Более высокое содержание тяжёлых металлов в воде оз. Круглое можно объяснить тем, что оз. Шапор имеет связь с другим водоёмом, а оз. Круглое замкнутое и непроточное.

**Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов в мягких тканях моллюсков водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий**

В мкг/кг

Наименование водоёма	Свинец	Цинк	Медь	Хром	Никель
Оз. Дедно	3.2	837.6	53.8	8.7	9.2
Оз. Круглое	2.8	773.0	191.1	8.9	24.0
Оз. У-образное	3.5	840.0	84.0	8.8	17.5
Оз. Шапор	1.6	881.1	98.3	6.8	18.6
Фоновый водоем	2.2	730.0	82.0	6.4	12.0

В исследованиях, проведенных ранее содержание металлов в тканях моллюсков фоновом водоема были минимальны практически для всех изучаемых видов [4]. Это было связано с тем, что водоем имел минимальную антропогенную нагрузку и располагается значительно выше города по течению, а также ранее имел связь с р. Сож и в весеннее время значительное количество талых вод создавало в водоеме течение, благодаря которому значительная часть донных отложений, содержащих соединения металлов уносилась паводковыми водами в реку. В настоящее время, уровень воды в водоеме значительно снизился [4], в связи с этим водоем утратил связь с р. Сож. В результате изменений физико-химических условий начались процессы вторичного загрязнения водоема. В сравнении с полученными ранее данными количество металлов в тканях моллюсков увеличилось в среднем в 2.5 раза.

В настоящий момент содержание некоторых изученных металлов в тканях моллюсков фоновом водоема находится на том же уровне, что и в отдельных водоемах городской территории. Возможно это связано с тем, что металлы находятся в более доступной для биоты форме, чем в городских водоемах.

Содержание свинца в моллюсках фоновом водоема близкое к величине, определенной в оз. Шапор, которое испытывает значительную антропогенную нагрузку. Концентрация цинка у особей в оз. Круглом, так же близко по величине к содержанию в фоновом водоеме. Содержание меди в мягких тканях моллюсков оз. Дедно в 1.2 раза превышает содержание меди в особях, обитающих в фоновом водоеме. Что касается хрома содержание в фоновом водоеме и оз. Шапор, практически одинаковое. Количество никеля в оз. Дедно ниже в 1.3 раза, чем концентрация в фоновом водоеме.

В городских водоемах у изучаемых моллюсков, за исключением представителей оз. Шапор, содержание свинца в 1.2-1.5 раз превышает таковые фоновые величины. В особях, обитающих в оз. Шапор концентрация свинца в 1.4 раза меньше содержания в фоновом водоеме. Максимальная концентрация свинца отмечена для оз. У-образное, которая превышает

фоновый показатель в 1.6 раза. Вероятно это связано с тем, что озеро располагается возле рынка «Прудковский» и со всех сторон окружено автотрассами, а также в водоём поступают стоки с территории автостоянки, расположенной на берегу автостоянки. Может так же сказываться длительное использование данного озера для сброса сточных вод от ОАО «ПАТОН», т.к. ткани живых организмов имеют особенность к накоплению и сохранению токсикантов.

Что касается цинка, его содержание практически во всех водоемах изменяется незначительно. Следует предположить, что цинк не является основным загрязнителем и имеет незначительный доступ для биоты компонентов изучаемых водоемов. Минимальное содержание металла характерно для фонового водоема, незначительное превышение наблюдается для оз. Круглое, которое испытывает низкую антропогенную нагрузку. Максимальное содержание цинка определено у особей в оз. Шапор, которое превышает фоновое значение в 1.2 раза, вероятно это связано с тем, что металлы могут поступать в водоём с поверхностным стоком предприятий, как «Гомельдрев», «Гомельобои» и ФСК, т.к. соединения цинка используются для пропитки древесины.

Для меди можно отметить довольно большой размах варьирования концентрации металла. Минимальное и максимальное содержание металла отличаются в 3.5 раза. Интересным является факт, что минимальное содержание меди наблюдается у моллюсков оз. Дедно, которое испытывает высокую антропогенную нагрузку. Причиной этому могут быть 2 фактора: металлы находятся в компонентах водоема, в недоступной для моллюсков форме, либо же у моллюсков хорошо работают механизмы блокировки поступления металлов в ткани. Так же неожиданным был тот факт, высокого содержания меди у моллюсков оз. Круглое, испытывающее низкую антропогенную нагрузку, концентрация металла у особей обитающих в водоеме превышает фоновую величину в 2.3 раза. Возможно, это связано с тем, что вблизи водоема находится предприятие по выращиванию цветов и декоративных растений «Красная гвоздика», которое использует медьсодержащие пестициды и гербициды при выращивании своей цветочной продукции.

Низкое содержание хрома отмечено, как и для свинца в оз. Шапор, оно находится на уровне фоновой концентрации. В остальных водоемах содержание хрома находится примерно на одном уровне, можно предположить то, что хром не является основным загрязнителем гидробионтов изучаемых водоемов.

Выделить наиболее загрязненный и наиболее чистый водоем довольно сложно. Так, например, в оз. Шапор по содержанию металлов в мягких тканях моллюсков наблюдаются минимальные концентрации свинца и хрома, но высокие содержание цинка, и меди. Именно поэтому необходимо использовать показатель суммарного загрязнения водоема.

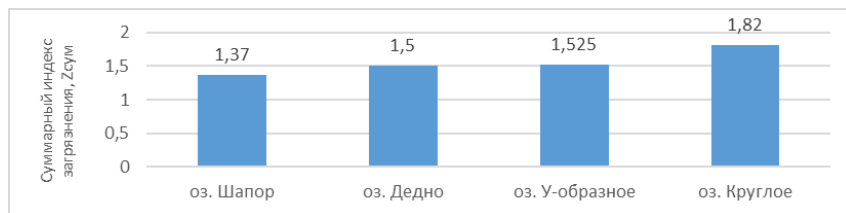


Рисунок 2. Показатель суммарного загрязнения мягких тканей моллюсков тяжелыми металлами ( $Z_{сум}$ ) водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий

По степени убывания суммарного показателя загрязненности в мягких тканях моллюсков исследуемые водоёмы можно расположить в следующий ряд: Круглое> У-образное> Дедно> оз. Шапор. При оценке общего уровня загрязнения поверхностных вод исследованных водоемов тяжелыми металлами с помощью суммарного показателя техногенного воздействия установлено, что максимальный уровень загрязнения отмечен также для воды оз. Круглое. Здесь основными загрязнителями являются медь, никель и хром: их концентрации в водоёме превышают содержание в фоновом водоеме соответственно в 2,3 и 2, 1,4 раза.

По уровню загрязнения тяжёлыми металлами оз. Круглое располагается на первом месте, хотя имеет низкую антропогенную нагрузку. Более высокое содержание тяжёлых металлов в воде оз. Круглое можно объяснить тем, что оз. Шапор в весенний период имеет связь с р. Сож, а оз. Круглое замкнутое и непроточное.

В результате проведённых исследований установлено, что значения содержание отдельных тяжёлых металлов в водоёмах значительно варьирует. Основным загрязнителем мягких тканей моллюсков и воды водоемов г. Гомеля является цинк. Затем по уменьшению концентрации идут медь и свинец.

Для большинства водоёмов сохранилась тенденция увеличения концентрации металлов в воде в весенний период. При оценке общего уровня загрязнения поверхностных вод исследованных водоемов тяжелыми металлами с помощью суммарного показателя загрязнения воздействия установлено, что максимальный уровень загрязнения отмечен в воде оз. У-образное. По степени загрязнённости воды в порядке убывания водоёмы можно расположить в следующем образом: оз. У-образное > оз. Круглое > оз.Шапор > оз. Дедно > фоновый водоём, а для мягких тканей моллюсков: Круглое> У-образное> Дедно> оз. Шапор.

Как видно из полученных данных, наиболее загрязненными являются водоемы У-образное и Круглое. По показателю суммарного загрязнения они занимают лидирующие позиции, вероятнее это связано с тем, что данные водоемы испытывают наибольшую антропогенную нагрузку.

Следует отметить, что экологически неблагополучными являются не только водоемы, принимающие стоки предприятий, но и в большей степени водоемы городской и пригородной зоны отдыха. Это может свидетельствовать об атмосферном пути поступления токсикантов и о высоком загрязнении воздушных масс г. Гомеля соединениями изучаемых металлов.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Байчоров В. М., Тишиког Г. М., Рощина.Н. Н. Экологические риски и оценка состояния водотоков Беларуси. – Минск: Белорус. Наука, 2006. – 118 с.
2. Будников, Г.К. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем / Г.К. Будников // Соросовский образовательный журнал. – 2016. – №5. – С. 23–29
3. Макаренко, Т. В. Содержание тяжелых металлов в донных отложениях и воде водоемов и водотоков г. Гомеля / Т. В. Макаренко, Н. М. Силивончик // Экологич. вестник. – 2016. – № 1(35). – С. 111–118.
4. Сравнительный анализ содержания тяжелых металлов в мягких тканях моллюсков водоемов Гомеля и прилегающих территорий / Т. В. Макаренко // Экологический вестник. — 2009. — № 3/4. — С. 161—169.