

УДК 546.56:546.73:556.114.679 (476.2)

Анализ факторов, определяющих степень накопления меди и кобальта в донных отложениях водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий

Т. В. МАКАРЕНКО

Введение

Для водных экосистем все большее значение приобретают наблюдения за различными компонентами гидросферы (в том числе гидробионтами и донными отложениями), обладающими способностью к депонированию загрязняющих веществ. Исследования этих сред позволяют дать интегральную оценку состояния водного объекта (включая уровень антропогенной нагрузки), определить вероятность вторичного загрязнения, выяснить пути миграции загрязняющих веществ и т. д. Роль донных отложений в жизни водоемов чрезвычайно велика, вследствие чего они удостоены таких определений, как «трудовая книжка водоема», «депо микроэлементов», «хранилище основных запасов микроэлементов», «наиболее важный фактор, контролирующей режим металлов в прудах, озерах, водохранилищах» [1, 2]. Донные отложения накапливают информацию о потоках загрязняющих веществ в водоемы в историческом срезе [3].

Целью работы является анализ факторов, влияющих на концентрирующую способность донных отложений водоемов в отношении меди и кобальта, а также получение функциональных зависимостей содержания меди и кобальта от состава донных отложений и изучение возможности использования полученных зависимостей для прогноза экологической ситуации и выявления аномальных концентраций элементов.

Материалы и методы исследования

Отбор проб производился в течение 2000–2002 г. Объектами опробования были озёра г. Гомеля и прилегающих территорий. В качестве индикаторного водоема опробования выбрано старичное озеро в пойме р.Сож у д. Поляновка Ветковского района. Донные отложения отбирали в летнюю межень (июль–август) с использованием дночерпателя Боруцкого [4], каждый образец составляли из 5 частных проб с однородного участка. Для исследования ситовым методом выделяли фракцию менее 1 мм. Содержание тяжёлых металлов в донных отложениях определяли атомно-эмиссионным спектральным методом на спектрофотометре IGSM в лаборатории физико-химического анализа Института геохимии и геофизики НАН Беларуси.

Результаты и обсуждение

При изучении содержания элементов в донных отложениях установлено, что медь и кобальт отличаются различным уровнем накопления в водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий (табл. 1). В отношении меди водоемы резко контрастируют между собой. В целом, различия в содержании элемента между водоемами достигают тридцатикратной величины. Абсолютный максимум концентрации меди отмечается в донных отложениях озер Уобразное и Волоотовское. В среднем в 3-4 раза ниже содержание металла в осадках оз. Малое и Круглое. Далее водоемы по накоплению меди распределяются в следующем порядке: оз. Шапор > оз. Дедно > р. Сож > оз. Любенское > Гребной канал > оз. Володькино. Напротив, для кобальта свойственны более устойчивые уровни содержания в донных отложениях – максимальные различия в концентрациях не превышают пятикратной величины. Аналогич-

ная ситуация наблюдается при исследовании содержания меди и кобальта в донных осадках в пределах отдельных водоемов.

Ранее уже отмечалось, что важное значение в процессе аккумуляции металлов в осадках имеют особенности химического состава донных грунтов [6,7]. Поэтому выводы о степени загрязнении того или иного водоема должны основываться не только на анализе данных по абсолютному содержанию загрязнителей, но и с учетом особенностей происхождения и химического состава донных грунтов. Для этого рассчитаны значения коэффициента корреляции, показывающего связь концентрации металлов с основными компонентами химического состава исследуемых проб донных отложений (табл. 3).

Таблица 1 – Содержание меди и кобальта (мг/кг) в донных отложениях водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий

Водоем	Медь	Кобальт
оз. Малое	66,3	10,7
оз. Круглое	56,8	12,9
оз. У-образное	241,3	11,7
оз. Волоотовское	173,3	27,8
оз. Шапор	56,1	6,3
оз. Дедно	42,4	10,9
оз. Любенское	22,1	12,6
Гребной канал	18,4	10,8
оз. Володькино	8,2	5,2
р. Сож	26,9	6,1
р. Сож, н.п. Кленки (выше города)	20,7	6,4
р. Сож, н.п. Ченки (ниже города)	28,7	7,0
Контрольный водоем	6,2	3,0

Максимальная положительная связь обнаруживается между концентрацией меди и оксида магния, который является компонентом природных сорбентов – глинистых минералов. Значительно меньшее влияние на содержание элемента оказывают другие природные сорбенты: органическое вещество, железомарганцевые оксиды. В отношении кобальта наблюдается более высокая степень корреляции как с компонентами состава глинистых частиц (TiO_2 , MgO , Al_2O_3), так и с оксидом железа (III). Следует отметить, что при расчете коэффициента корреляции использовались обобщенные данные по всем водоемам. Поэтому, например, на отсутствие достаточно выраженной связи содержания меди и органического вещества может влиять отмеченное аномально высокое содержание этого элемента в осадках ряда водоемов. При исключении данных, полученных для озер Волоотовское, У-образное, Шапор, из списка значений корреляция приобретает более высокую степень ($r = 0,78$).

Таблица 2 – Корреляция содержания меди и кобальта с химическим составом донных отложений

Элемент	Коэффициент корреляции					
	Органическое вещество	MgO	Fe ₂ O ₃	MnO	Al ₂ O ₃	TiO ₂
Медь	0,40	0,59	0,38	-0,04	0,25	0,29
Кобальт	0,30	0,52	0,51	-0,03	0,57	0,59

Чтобы оценить реальный вклад техногенного загрязнения в общее содержание металла в донных отложениях, можно воспользоваться нормированием его концентрации относительно основных компонентов химического состава донных отложений. Аномальные концентрации могут определяться с помощью отношения концентрации определяемого металла

к концентрации обязательного компонента донных грунтов (например, оксидов алюминия, титана, кремния). Для незагрязненных водоемов это отношение должно иметь относительно постоянную величину. Например, установлено, что осадки изучаемых водоемов характеризуются разным содержанием органики. Поскольку органическое вещество донных грунтов обладает сорбирующими свойствами по отношению ко многим металлам [8, 9], то их концентрация в донных отложениях пропорционально изменяется в зависимости от содержания органического вещества. Причем соотношение металла и доли органического вещества сохраняется. Зависимость в этом случае носит линейный характер и выражается уравнением: $[Me] = H \times a + b$, где $[Me]$ – удельная концентрация металла, мг/кг; H – содержание органического вещества, %; a, b – числовые константы

На рисунке 1 представлена линейная зависимость роста концентрации меди при увеличении доли органического вещества в донных осадках изучаемых водоемов. Связь концентрации меди с содержанием оксида магния в донных отложениях показана на рисунке 2. Следует уточнить, что при расчете параметров уравнений были выбраны только те водоемы, для осадков которых отношение концентрации меди к компоненту было сходно с таковым в контрольном водоеме (старичный комплекс р. Сож, Ветковский район, д. Поляновка). В таблице 4 приведены значения коэффициентов линейных уравнений, отражающие связь концентраций меди и кобальта с основными компонентами химического состава донных отложений водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий. На накопление тяжелых металлов в донных отложениях водоемов непосредственное влияние оказывают особенности химического состава отложений. Причем процессы аккумуляции меди отличаются от поведения кобальта. Согласно данным исследованиям, концентрация меди контролируется как изменением в осадках доли органического вещества, так и минеральных компонентов. В отношении кобальта выявлены более значимые корреляции его содержания с количеством минеральных компонентов. Это, очевидно, свидетельствует о том, что основными депонирующими средами для данного металла являются глинистые минералы, первичные грунты материнских пород, а также железомарганцевые оксиды.

На рисунке 3 и 4 представлены наблюдаемые и расчетные значения концентрации меди и кобальта по полученным уравнениям связи «оксид магния– концентрация металла» для всех изучаемых водоемов. Полученные функциональные зависимости концентраций меди и кобальта от состава донных отложений можно использовать как для прогноза экологической ситуации, так и для выявления аномальных концентраций этих элементов. Установлено, что распределение меди и кобальта в водоемах г. Гомеля имеет неодинаковый характер. Наличие отдельных отклонений от общей линейной зависимости свидетельствует о точечном загрязнении водоемов. В данных исследованиях выявлено, что значительная доля меди, присутствующей в донных отложениях озер Волотовское и У-образное, обусловлена действием не только естественных факторов, но и поступлением загрязняющих веществ в результате деятельности человека. Концентрация кобальта в донных отложениях всех водоемов, за исключением оз. Волотовское, изменяется в соответствии с содержанием основных минеральных компонентов, что указывает на естественные процессы накопления этого элемента в большинстве водоемов г. Гомеля.

Таблица 3 – Параметры уравнения регрессии для расчета концентрации меди и кобальта в зависимости от химического состава донных отложений

Показатель	Коэффициент A	Коэффициент B	Коэффициент корреляции
Медь			
Органическое вещество	13.35	-1.14	0.78
MgO	38.13	-9.58	0.80
Fe ₂ O ₃	3.32	3.64	0.79
Al ₂ O ₃	6.70	-25.6	0.77

Кобальт			
Органическое вещество	1.71	4.26	0.63
MgO	7.39	1.48	0.84
Fe ₂ O ₃	1.70	1.29	0.85
Al ₂ O ₃	1.20	-1.16	0.85

Заключение

При анализе содержания меди и кобальта в донных отложениях установлено, что распределение этих элементов в водоемах г. Гомеля и прилегающих территорий имеет неодинаковый характер. Различия в степени концентрирования этих металлов в донных отложениях могут быть вызваны как особенностями химического состава и типом осадков, так и дополнительным загрязнением из внешних источников поступления вещества. Причем процессы аккумуляции меди отличаются от поведения кобальта. Концентрация меди контролируется изменением в осадках доли органического вещества и минеральных компонентов. В отношении кобальта не выявлено его значимой корреляции с органическим веществом. Основными депонирующими средами кобальта, вероятно, являются глинистые минералы, первичные грунты материнских пород, а также оксиды железа и титана.

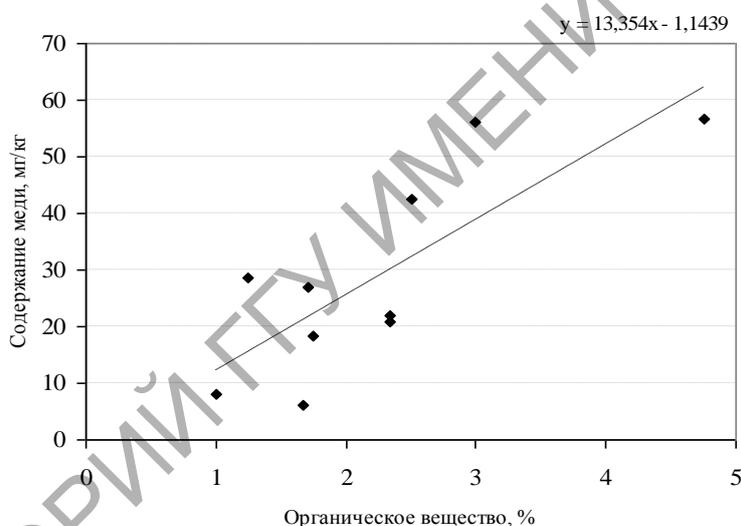


Рисунок 1 – Зависимость концентрации меди от содержания органического вещества в донных отложениях водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий

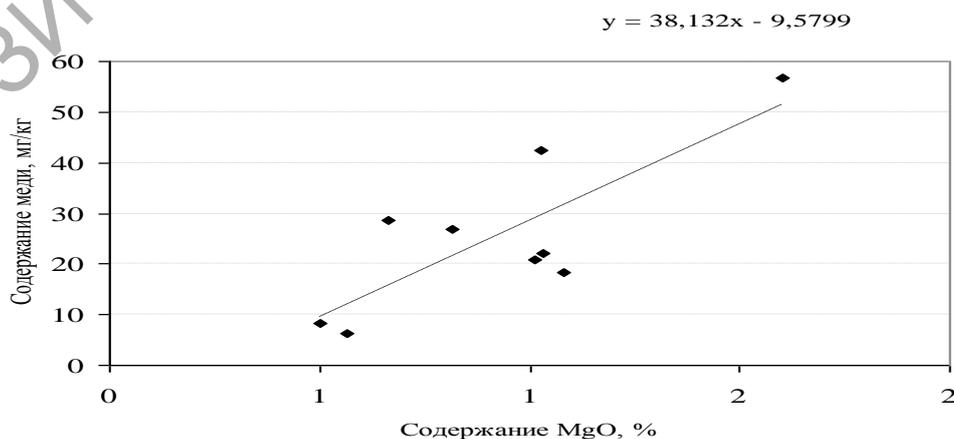


Рисунок 2 – Зависимость концентрации меди от содержания оксида магния в донных отложениях водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий

В целом, для большинства водоемов характерны близкие значения опытных и расчетных данных, что указывает на возможность использования полученных функциональных зависимостей содержания меди и кобальта от химического состава донных отложений для прогноза экологической ситуации и выявления аномальных концентраций металлов в водоемах. Однако для водоемов Волотовское, У-образное, Шапор, Малое обнаружено значительное расхождение расчетных величин концентраций элементов и реально полученных при исследовании грунтов водоемов. Причем для всех водоемов реальное накопление этого элемента намного превышает предсказанное. Очевидно, высокая концентрация меди в донных отложениях озер Волотовское и У-образное не может быть обусловлена действием только естественных факторов и объясняется наличием точечного техногенного влияния на вышеперечисленные водоемы. В отношении кобальта наблюдается более высокая степень сходства расчетных и опытных величин концентраций практически для всех водоемов, что указывает на естественные процессы накопления этого элемента в грунтах водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий. Исключением является оз. Волотовское, где также отмечено существенно более высокое содержание кобальта в донных отложениях, по сравнению с предсказанным значением. Очевидно, для данного водоема также нельзя исключить техногенного происхождения вышеназванного металла.

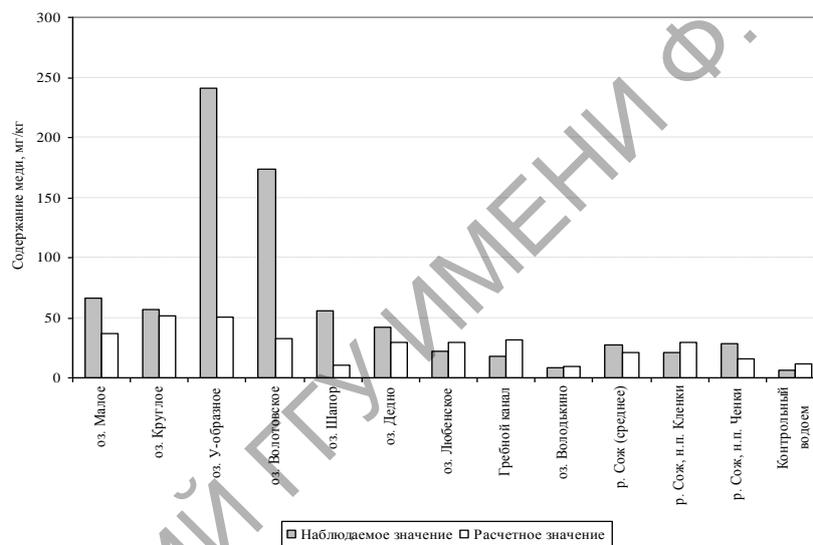


Рисунок 3 – Наблюдаемые и расчетные значения концентрации меди в донных отложениях водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий

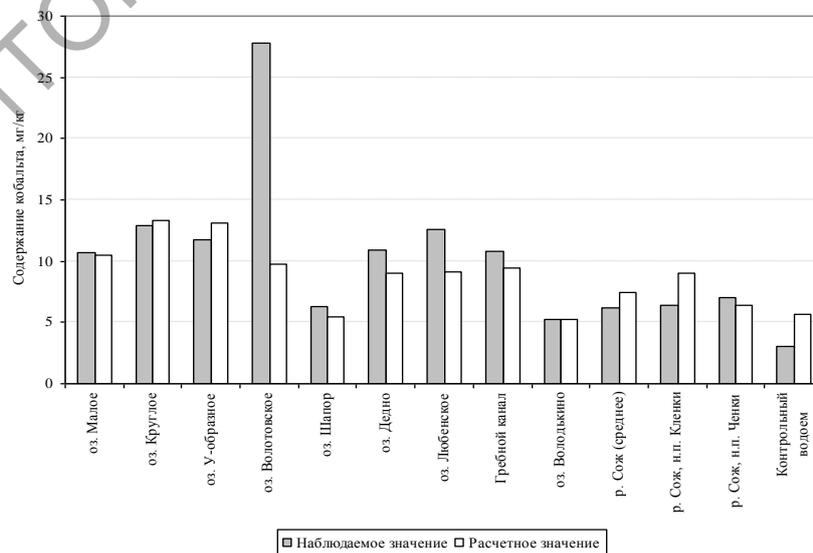


Рисунок 4 – Наблюдаемые и расчетные значения концентрации кобальта в донных отложениях водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий.

Abstract. The analysis of factors determining the degree of accumulation of copper and cobalt in bottom sediments of Gomel's reservoirs and vicinities is presented in the paper. The analysis of the content of copper and cobalt in bottom sediments shows that the elements are distributed among Gomel's reservoirs dissimilarly. The differences of concentration degree of the metals in bottom sediment may be caused by chemical peculiarities and precipitations species as well as by the outer source accessory pollution. Copper accumulating processes differ from that ones of cobalt at that. Concentration of copper is controlled by the precipitations change of the organic substance part or that of mineral components. As for cobalt its significant correlation with organic substance wasn't discovered. The basic depositing cobalt means are probably as follows: clayey minerals, parent materials primary soils and titanium and iron oxides. Spotted distribution of reservoirs pollution may cause the deflection of single variants from the general linear dependence of metal concentration from the single components content of bottom sediment chemistry.

Литература

1. Нахшина, Е. П. Формы нахождения тяжелых металлов в донных отложениях водохранилищ Днепра. I. Марганец / Е. П. Нахшина, В. Н. Белоконь // Гидробиол. журнал. – 1990. – т. 26, № 1. – С. 76–81.
2. Förstner, U. Metal concentration in freshwater sediments — natural background and cultural effects / U. Förstner // Interaction between sediments and freshwater: Proc. Int. Conl.— Amsterdam. – 1977. – P. 94–103.
3. Даувальтер, В.А. Накопление тяжелых металлов в оз. Имандра в условиях его промышленного загрязнения / В.А. Даувальтер, Т. И. Моисеенко, Л. П. Кудрявцева, С. С. Сандимиров // Водные ресурсы. –2000. – т. 27, № 3. – С. 313–321.
4. Никаноров, А.М., Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах [Текст] / А. М. Никаноров, А.В.Жулидов, А. Д. Покаржевский. –Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 143 с.
5. Хомич, В.С. Особенности распределения микроэлементов в депонирующих компонентах городских ландшафтов (на примере г. Гомеля) / В.С. Хомич, С.В. Какарека, Т.И. Кухарчик // Природные ресурсы. Межведомственный научный бюллетень НАН РБ. – 1997. – №1. – С.85–93.
6. Макаренко, Т. В. Анализ факторов, влияющих на уровень накопления микроэлементов в донных отложениях водоемов г. Гомеля и окрестностей / Т. В. Макаренко, А. А. Махнач // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. –2003. –№5 (20). – С.90–96.
7. Макаренко, Т. В. Анализ факторов, определяющих степень накопления свинца и ванадия в донных отложениях водоемов г. Гомеля и прилегающих территорий / Т. В. Макаренко // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. –2005. – №4 (31). – С.112–120.
8. Кузнецов, С.И. Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность / С.И. Кузнецов. – Л.: Наука, 1970.– 440 с.
9. Прыткова, М.Я. Осадконакопление в малых водохранилищах / М. Я. Прыткова. – Л.:Наука, 1981. – 152с.