

висновок про більш кардинальний вплив на річкові екосистеми надмірного зарегулювання, ніж водорегулюючої меліорації.

1. *Водне господарство в Україні* / За ред. А. В. Яцика. – К.: Генеза, 2000. – 640 с.
2. *Гор Дж. А.* Восстановление и охрана малых рек: Теория и практика / Дж. А. Гор, Э. Е. Херрик, Л. Л. Осборн и др.; Пер. с англ. А. Э. Габриэляна, Ю. А. Смирнова; Под ред. К. К. Эдельштейна, М. И. Сахаровой. – М.: Агропромиздат, 1989. – 314 с.
3. *Гидробиотаника.* Методология, методы / Научные редакторы В. Г. Папченко, А. А. Бобров, А. В. Щербаков, Л. И. Лисицына. – Рыбинск, 2003. – 188 с.
4. *Катанская В. М.* Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР / В. М. Катанская. – Л.: Наука, 1981. – 185 с.
5. *Globe Land 30.* Електронний ресурс: <http://globallandcover.com/GLC30Download>

*Л.Н. Зуб*¹, *О.В. Томченко*²

¹ Інститут еволюційної екології НАН України, Київ

² Научный центр аэрокосмических исследований Земли ИГиН НАН Украины, Киев

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ВОДОСБОРОВ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ МАКРОФИТОВ МАЛЫХ РЕК

Работа посвящена исследованиям современной трансформации водосборов малых рек Лесостепной зоны Украины (в пределах Среднего Приднепровья) методами дистанционного зондирования земли и оценки ее влияния на экологическую структуру сообществ водных растений.

Ключевые слова: малые реки, макрофиты, Лесостепная зона, дистанционное зондирование земли

*L.N. Zub*¹, *O.V. Tomchenko*²

¹ Institute of Evolutionary Ecology of NAS of Ukraine, Kyiv

² Scientific Centre of Aerospace Research of Earth Institute of Geological NAS of Ukraine, Kyiv

ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF WATERSHEDS AND ECOLOGICAL STRUCTURE OF MACROPHYTE COMMUNITIES IN SMALL RIVERS

The aim of the research is to study the modern transformation of small river catchment area of forest-steppe zone in Ukraine / within the Middle Dnieper / using methods of remote sensing (RS) and evaluation of its influence on the ecological structure of higher water plant groups.

Keywords: small rivers, macrophytes, forest steppe zone, remote sensing of the Earth

УДК 556.114:556.531(282.247.324)

И.Б. ЗУБЕНКО

Институт гидробиологии НАН Украины

пр. Героев Сталинграда, 12, Киев, 04210, Украина

ФОРМЫ МИГРАЦИИ Cr(III) И Mn(II) В ВОДЕ ПРУДОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА "ГОЛОСЕЕВСКИЙ" (г. КИЕВ)

Представлены результаты исследования содержания и сезонной динамики растворённой и взвешенной форм Cr(III) и Mn(II) в Ореховатском и Китаевских прудах г. Киева. Показано, что общее содержание металлов находится в следующих пределах: Cr(III) – 5,2-30,0 мкг/дм³; Mn(II) – 40–1200 мкг/дм³. В исследованных водных объектах хром и марганец мигрируют в основном в растворённом состоянии. Соотношение взвешенных и растворённых форм зависит от многих факторов – сезона года, pH воды, глубины водоёма, скорости течения, содержания

растворённого в воде кислорода. Максимальная концентрация металлов во взвешенных формах наблюдается в летние месяцы, когда в водоёмах происходит “цветение” воды, а также осенью при разложении биоты.

Ключевые слова: хром, марганец, взвешенные формы, растворённые формы, Ореховатский и Китаевские пруды

В последнее десятилетие почти не осталось водоёмов с природным гидрологическим режимом и химическим составом, не нарушенным антропогенной деятельностью. Одними из первых подвергаются влиянию хозяйственной деятельности человека водные экосистемы, находящиеся на территории густонаселённых городов. Интенсивный рост последних сопровождается включением в городскую инфраструктуру природных водоёмов, а также искусственных озёр и прудов. Особенно актуальна эта проблема для такого мегаполиса, как г. Киев, на территории которого находится более 400 разнотипных водных объектов [1]. Среди компонентов антропогенного загрязнения поверхностных водоёмов важное место занимают соединения тяжёлых металлов (ТМ). Некоторые из них характеризуются сильно выраженными токсическими свойствами [5]. Однако, токсичность водной среды, загрязнённой ТМ, в значительной мере зависит от их состояния (форм нахождения) в водной толще. Наиболее токсичными являются свободные или гидратированные ионы металлов, а также их гидроксокомплексы. Одним из путей снижения токсичности является адсорбция металлов на взвешенных частичках и донных отложениях.

Целью настоящей работы было изучение растворённых и взвешенных форм хрома и марганца в Ореховатском и Китаевских прудах, расположенных в Голосеевском лесу г. Киева.

Материал и методы исследований

Объектами исследования являются Китаевские пруды, представляющие каскад искусственно созданных водоёмов, сооружённых на русле речки Мышеловка, которые находятся на территории Национального природного парка “Голосеевский”. Пруды питаются преимущественно за счёт дождевых и подземных вод. Площадь этих озёр составляет 4,3 га [2]. Ореховатские озёра также созданы путём искусственного зарегулирования речки Ореховатки, которая протекала на территории Голосеевского леса. Общая площадь водного зеркала составляет около 10 га, глубина 0,5-2,0 м. Питаются все изучаемые озёра преимущественно атмосферной водой [7].

При изучении форм Cr(III) и Mn(II) пробы воды отбирали из поверхностного и придонного слоя воды в полиэтиленовые бутылки батометром Рутнера. Сразу же после отбора их фильтровали для разделения взвешенной и растворённой форм металлов. Для этого использовали мембранные фильтры “Synpro” (№ 6, Чехия) с диаметром пор 400 нм, через которые пропускали не менее 1дм³ воды. Фильтры со взвешенным веществом предварительно обрабатывали концентрированными кислотами (сначала HNO₃, а затем H₂SO₄, марки “х.ч.”), нагревая содержимое до появления белых паров и осветления растворов. Далее неразложившиеся остатки взвеси подвергали гидротермальной обработке в стальном автоклаве. В полученных растворах определяли содержание взвешенных форм металлов. Фильтраты воды объемом 30 см³ переносили в кварцевые стаканы, подкисляли концентрированной серной кислотой и добавляли несколько капель 30%-ного раствора H₂O₂. Затем их облучали в течение 2,5–3,0 ч. ртутно-кварцевой лампой ДРТ-1000. После фотохимической деструкции растворённых органических веществ в облучённых растворах определяли содержание исследуемых металлов хемиллюминесцентным методом [6].

Результаты исследований и их обсуждение

Полученные результаты исследования форм металлов представлены в таблице. Как видно из приведённых данных, для обоих металлов в изучаемых водоёмах преобладает растворённая форма. Преобладание этих металлов в растворённой форме характерно и для других водоёмов [3], хотя наблюдается и обратная картина [4].

Как видно из представленных материалов, доля взвешенных форм металлов увеличивается в летний период. Это связано с тем, что во время “цветения” водорослей при

ГІДРОЕКОЛОГІЯ

значительном накоплении их биомассы, на поверхности последних происходит сорбция и ассимиляция металлов, способствуя их переходу из растворённого во взвешенное состояние. Поэтому от весны к лету во всех озёрах меняется соотношение форм металлов: $C_{г\text{взв.}}$ – 3,4% (зима) – 28,6% (лето), $C_{г\text{раств.}}$ – 96,7% (зима) – 71,4% (лето). $Mn_{г\text{взв.}}$ – 1,2% (зима) – 50,0% (лето), $Mn_{г\text{раств.}}$ – 98,8% (зима) – 50,0% (лето).

Таблица

Среднее содержание марганца (II) и хрома (III) в исследованных прудах

Дата отбора проб	Mn своб.		Mn связ.		Mn раств.		Mn взвеш.		Mn общ.	Cr раств.			Cr взвеш.		Cr общ.
	мкг/дм ³	% раств.	мкг/дм ³	% раств.	мкг/дм ³	% общ.	мкг/дм ³	% общ.	мкг/дм ³	мкг/дм ³	% общ.	мкг/дм ³	% общ.	мкг/дм ³	
<i>Ореховатский пруд № 3, 2013 г.</i>															
Зима, пов.	573,0	57,3%	427,0	42,7%	1000,0	98,5%	15,0	1,5%	1015,0	7,2	93,5%	0,50	6,5%	7,70	
Зима, дно	700,0	58,3%	500,0	41,7%	1200,0	98,8%	15,0	1,2%	1215,0	8,1	91,0%	0,80	9,0%	8,90	
Весна, пов.	40,0	66,7%	20,0	33,3%	60,0	63,8%	34,0	36,2%	94,0	3,8	73,1%	1,40	26,9%	5,20	
Весна, дно	30,0	78,9%	8,0	21,1%	38,0	66,9%	18,8	33,1%	56,8	4,5	75,0%	1,50	25,0%	6,00	
Лето, пов.	42,4	49,4%	43,4	50,6%	85,8	81,2%	19,9	18,8%	105,7	12,0	90,9%	1,20	9,1%	13,20	
Лето, дно	35,8	47,2%	40,0	52,8%	75,8	63,6%	43,3	36,4%	119,1	7,4	88,1%	1,00	11,9%	8,40	
Осень, пов.	18,2	67,4%	8,8	32,6%	27,0	38,4%	43,4	61,6%	70,4	6,0	84,5%	1,10	15,5%	7,10	
<i>Китаевские пруды, 2011, 2014 г.</i>															
Зима, пов.	157,5	84,8%	28,3	15,2%	185,8	96,8%	6,1	3,2%	191,9	11,3	96,3%	0,44	3,7%	11,74	
Зима, дно	437,5	79,5%	112,5	20,5%	550,0	99,3%	3,9	0,7%	553,9	6,7	91,2%	0,65	8,8%	7,35	
Весна, пов.	84,1	45,8%	99,4	54,2%	183,5	82,9%	37,9	17,1%	221,4	8,3	76,9%	2,50	23,1%	10,80	
Весна, дно	77,6	18,5%	341,2	81,5%	418,8	94,8%	22,8	5,2%	441,6	5,5	85,9%	0,90	14,1%	6,40	
Лето, пов.	10,5	52,5%	9,5	47,5%	20,0	50,0%	20,0	50,0%	40,0	22,0	73,3%	8,00	26,7%	30,00	
Лето, дно	400,0	50,0%	400,0	50,0%	800,0	96,1%	32,5	3,9%	832,5	20,0	71,4%	8,00	28,6%	28,00	
Осень, пов.	36,4	52,2%	33,3	47,8%	69,7	50,9%	67,2	49,1%	136,9	15,0	73,2%	5,50	26,8%	20,50	

Интересным для Mn(II) является то, что в составе приведенных форм в зависимости от сезона меняется соотношение между лабильной фракцией, включающей свободные (гидратированные) ионы, и марганцем, связанным в комплексы с природными органическими лигандами. Известно, что для марганца свойственна наименьшая степень закомплексованности [5]. В изучаемых озёрах доля Mn(II), связанного в комплексы с РОВ, колеблется в Ореховатском пруду от 21,1% до 52,8%, в Китаевских прудах – от 15,2% до 81,5%.

Следует отметить, что для Mn(II), в отличие от Cr(III), наблюдается существенная разница между содержанием в поверхностных и придонных слоях воды. Если содержание $Mn_{общ.}$ меняется от 40,0 мкг/дм³ (поверхность) до 1200 мкг/дм³ (дно), то концентрация $C_{г\text{общ.}}$, независимо от горизонта, изменяется достаточно незначительно. Это связано с тем, что почти во всех озёрах содержание растворённого кислорода в придонной воде характеризовалось достаточно низким уровнем, вплоть до аналитического нуля. Поэтому можно говорить о формировании анаэробных условий на границе твёрдой и жидкой фаз. Как неоднократно отмечалось ранее, при достаточном содержании кислорода в водной толще, Mn(II) окисляется до Mn(IV), переходя в нерастворимое соединение MnO_2 , оседающее на дно. При этом

уменьшается содержание $Mn_{\text{раств}}$. При низком содержании кислорода в воде происходит обратный процесс – десорбция марганца из донных отложений в водную толщу. Поэтому и в изучаемых прудах в придонном слое содержание $Mn_{\text{раств}}$ достигало максимальных величин, особенно зимой (в подледный период), и летом.

Выводы

Приведены данные о содержании взвешенной и растворённой форм Cr(III) и Mn(II) в воде прудов Голосеевского леса г. Киева, к которым относятся система Ореховатских и Китаевских прудов. Результаты исследований распределения металлов между взвешенной и растворённой формами показали, что часть из них содержится в виде взвешенных форм. Это можно отнести к положительному фактору, так как сорбция металлов на взвесь способствует их детоксикации при оседании взвешенного вещества на дно. Находящиеся в растворённой форме металлы также имеют свои особенности. Особенно это касается Mn(II), содержание которого существенно зависит от концентрации растворённого в воде кислорода. В поверхностном слое воды, где насыщение кислородом достаточно, концентрация растворённого Mn(II) намного ниже, чем в природном, для которого характерен дефицит кислорода.

1. *Афанасьев С. А.* Характеристика гидробиологического состояния разнотипных водоёмов г. Киева. / С. А. Афанасьев // Вестник экологии. – 1996. – № 1–2. – С. 112–118.
2. *Дослідження екологічного стану Китаївських ставків (Голосієво, м. Київ)* / П. Д. Клоченко, П. М. Царенко, Б. Е. Якубенко [та ін.] // Науковий вісник нац. аграрн. ун-ту. – К., 2007. – Вип. 117. – С. 93–98.
3. *Зубенко І. Б.* Форми міграції хрому в озері Вербном / І. Б. Зубенко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2009. – Т. 16. – С. 137–140.
4. *Зубенко І. Б.* Особливості міграції хрому в водоємах в анаеробних умовах (на прикладі озера Тельбін). / І. Б. Зубенко, П. Н. Линник // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2008. – Т. 14. – С. 186–190.
5. *Линник П. Н.* Форми міграції металів в пресних поверхневих водах. / П. Н. Линник, Б. И. Набиванец. – Л.: гидрометеоиздат. 1986. – 270 с.
6. *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод.* / О. М. Арсан, О. А. Давидов, Т. М. Дьяченко [та ін.]; за ред. В. Д. Романенко. – К.: Логос, 2006. – 408 с.
7. *Особливості екологічного стану Горіховатських ставків.* / [П. Д. Клоченко, З.Н. Горбунова, П.М. Царенко, Б.Е. Якубенко] // Наук. вісник нац. Аграрн. ун-ту. – К., 2006. – Вип. 95. – С. 54–65.

І. Б. Зубенко

Інститут гідробіології НАН України, Київ

ФОРМИ МІГРАЦІЇ Cr(III) І Mn(II) У ВОДІ СТАВКІВ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ “ГОЛОСІВСЬКИЙ” (М. КИЇВ)

Наведено результати дослідження вмісту та сезонної динаміки розчиненої і завислої форм Cr(III) і Mn(II) в Горіховатському і Китаївських ставках м. Києва. Показано, що загальний вміст металів знаходиться в наступних межах: Cr(III) – 5,2-30 мкг/дм³; Mn(II) – 40–1200 мкг/дм³. В досліджених водних об'єктах хром і манган мігрують переважно в розчиненому стані. Співвідношення завислих і розчинених форм залежить від багатьох факторів – пори року, рН води, глибини водойми, швидкості течії, вмісту розчиненого у воді кисню. Максимальна концентрація металів у завислих формах спостерігається у літні місяці, коли у водоймах відбувається “цвітіння” води, а також восени при розкладанні біоти.

Ключові слова: хром, манган, завислі форми, розчинені форми, Горіховатський та Китаївські ставки

I. B. Zubenko

Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

FORM OF Cr(III) AND Mn(II) MIGRATION IN WATER OF THE NATIONAL NATURE PARK “HOLOSIVSKYI” (CITY OF KYIV)

Paper deals with results of investigation of content and seasonal dynamics of dissolved and suspended forms of Cr (III) and Mn (II) in the Orikhovatskiy and Kitayevskiy ponds (city of Kyiv). Total metal
266 ISSN 2078-2357. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2015, № 3-4 (64)