

УДК 504.45:546.3+(504.738+581.526.322)+ 543.421

*Ю.Г. Мисюта, А.А. Волчек, Н.С. Ступень, А.Н. Лацевич***СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
В ГИДРОЭКОСИСТЕМЕ РЕКИ ЛЕСНАЯ**

Дана характеристика эколого-токсикологической роли тяжелых металлов и биоиндикационной роли высшей водной растительности в мониторинге загрязнения поверхностных вод тяжелыми металлами. На примере р. Лесная изучена гидрохимическая ситуация и определено содержание тяжелых металлов в воде, донных отложениях и макрофитах различной экологической принадлежности. Обсуждается перспективность использования изученных макрофитов в целях биоиндикации и фиторемедиации загрязненных гидроэкосистем.

Введение

Среди ключевых проблем в области использования водных ресурсов Белорусского Полесья одной из приоритетных является проблема качества природных вод. Эта проблема усугубляется по мере роста антропогенной нагрузки на реки, особенно на малые.

Особую опасность среди глобальных загрязнителей представляют тяжелые металлы (ТМ), способны разными путями попадать в гидросферу (рисунок 1).

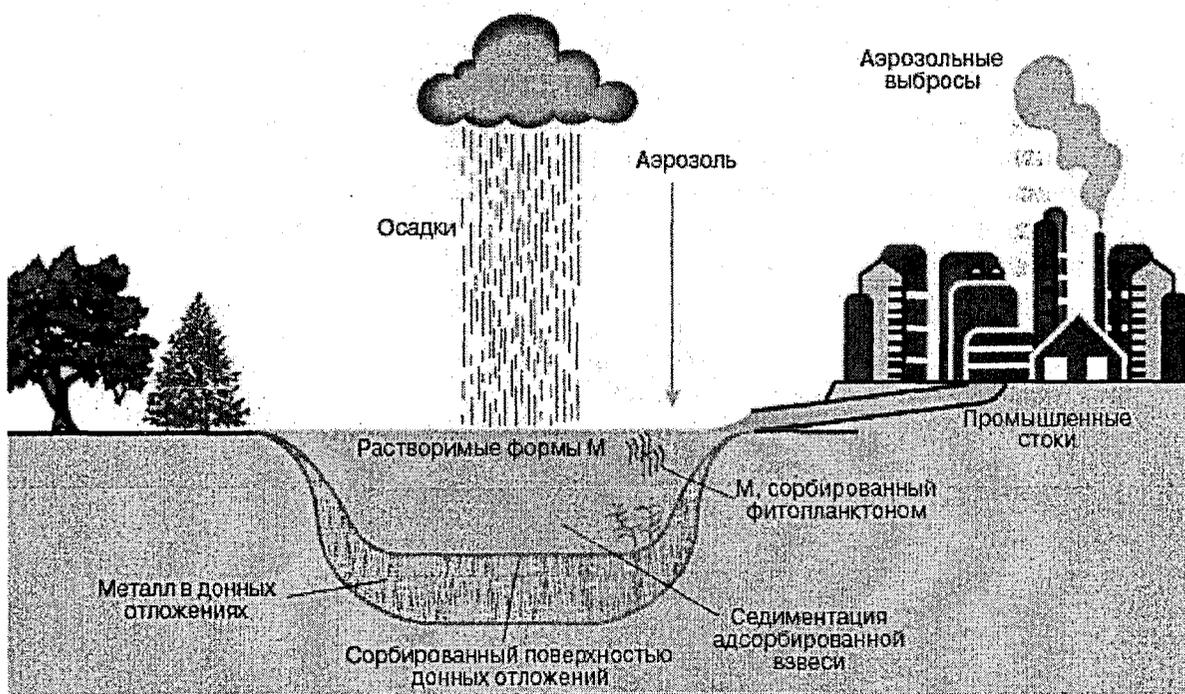


Рисунок 1 – Схема путей поступления и распределения тяжелых металлов в гидроэкосистеме

Циркулируя в биосфере, тяжелые металлы аккумулируются в гидробионтах, в том числе на уровне фотосинтезирующих организмов, которые являются основой функционирования водных экосистем. Это приводит к нарушениям в первичном продуцировании органического вещества. Экологические последствия загрязнения вод металлами меняются в зависимости от форм нахождения последних, способности их к комплексообразованию, осаждению и биоаккумуляции в конкретных условиях водоемов. Однако принятые в Республике Беларусь (как и в других странах) предельно до-

пустимые концентрации (ПДК) металлов не учитывают особенностей формирования дозы их воздействия в различных условиях.

В различных научных и прикладных работах авторы по-разному трактуют значение термина «тяжелые металлы». В этой связи количество элементов, относимых к этой группе, изменяется в широких пределах. В качестве критериев принадлежности используются многочисленные характеристики: атомная масса, плотность, токсичность, распространенность в природной среде, степень вовлеченности в природные и техногенные циклы и т. д. На сегодняшний день к тяжелым металлам (ТМ) относят более 40 элементов периодической системы Д.И. Менделеева с атомной массой свыше 40 атомных единиц: *Pb, Cd, Hg, Bi, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Sn* и др. Практически все металлы, попадающие под это определение, активно участвуют в биологических процессах, входят в состав многих ферментов.

По биологической роли в живых организмах тяжелые металлы включают в себя как типичные микроэлементы (кобальт, медь, цинк, молибден, хром, марганец, никель), биохимические функции, которых подробно изучены, так и металлы, чья биологическая роль в живых организмах не столь многогранна и важна или вообще сомнительна (скандий, титан, кадмий, родий, сурьма, таллий). В целом все ТМ обладают одним общим свойством: они могут быть биологически активными. Вследствие этого, попадая в результате антропогенной деятельности в природные среды в миграционно-активном состоянии, они начинают мигрировать, включаясь в той или иной степени в биологический круговорот, и при определенных биогеохимических условиях и концентрациях начинают оказывать токсическое воздействие на живые организмы.

Ионы металлов являются непреходящими компонентами природных водоемов (рисунок 2). В зависимости от условий среды (рН, окислительно-восстановительный потенциал, наличие лигандов) они существуют в разных степенях окисления и входят в состав разнообразных неорганических и металлоорганических соединений, которые могут быть истинно растворенными, коллоидно-дисперсными или входить в состав минеральных и органических взвесей.

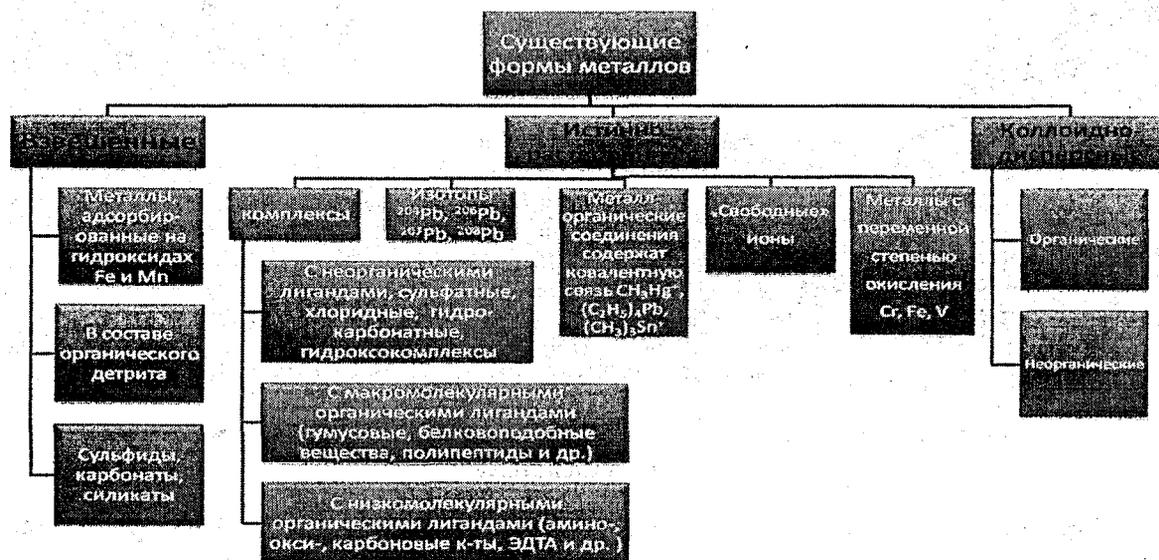


Рисунок 2 – Формы нахождения в воде тяжелых металлов

Различные формы катионов металлов, в свою очередь, весьма разнообразны, что связано с процессами гидролиза, гидролитической полимеризации (образованием полиядерных гидроксокомплексов) и комплексообразования с различными лигандами. Соответственно как каталитические свойства металлов, так и доступность для водных микроорганизмов зависят от форм существования их в водной экосистеме. Для понимания факторов, которые регулируют концентрацию металла в природных водах, их химическую реакционную способность, биологическую доступность и токсичность, необходимо знать не только валовое содержание, но и долю свободных и связанных форм металла.

В настоящее время большое внимание уделяется изучению различных групп гидробионтов, населяющих пресные водоемы. Важный компонент пресноводных биогеоценозов – высшая водная растительность (макрофиты). Среди биотических составляющих водных экосистем высшим водным растениям (ВВР) отводится особое место [1] как ведущему фактору формирования и регулирования качества воды, а также кислородного режима природных водоемов.

Высшие водные растения – это растения анатомически, морфологически и биологически приспособленные к обитанию в водной среде. Среди них выделяют четыре экологические группы, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Группы макрофитов и их основные виды, изучаемые на р. Лесная

№ экологической группы	Экологическая группа	Виды макрофитов
I	Свободноплавающие неприкрепленные растения	<i>Lemna minor L.</i> <i>Lemna trisulca L.</i>
II	Укореняющиеся гидрофиты с плавающими листьями	<i>Nuphar lutea (L.) Smith</i>
III	Полностью погруженные гидатофиты	<i>Potamogeton natans L.</i> <i>Elodea canadensis Michx.</i>
IV	Прибрежно-водные гидрофиты	<i>Glyceria maxima (C. Hartm.) Holmb.</i> <i>Typha angustifolia L.</i> <i>Schoenoplectus lacustris (L.) Palla</i> <i>Leersia orizoides (L.) Sw.</i> <i>Sparganium erectum L.</i> <i>Sagittaria sagittifolia L.</i> <i>Siella erecta (Huds.) M. Pimen</i> <i>Rorippa amphibian (L.) Bess.</i>

Специфика эколого-биогеохимической роли макрофитов в водных экосистемах определяется в первую очередь высоким ассимиляционным потенциалом, позволяющим им выполнять функцию основного продуцента органической биомассы, используемой как осадочный материал при формировании донных отложений (ДО). Другая экологически важная сторона деятельности макрофитов – способность аккумулировать из водной среды биогенные элементы, а также балластные и токсические вещества, включая тяжелые металлы (ТМ) [2], в зависимости от их концентрации в среде. Последнее обстоятельство во многом определило рост интереса к макрофитам как к объектам биогеохимической индикации и биомониторинга загрязнения природных

водных экосистем [3], а также потенциально возможным участникам технологий фиторемедиации сточных вод и донных отложений [4].

Все это обуславливает, что среди методов мониторинга загрязнения природной среды тяжелыми металлами одно из ведущих мест прочно принадлежит именно биологическим. В значительной мере это связано с тем, что данные методы позволяют получать наиболее достоверную информацию о наличии антропогенного пресса на экосистемы в условиях, когда прямые химические анализы тяжелых металлов не позволяют дать определенный ответ о загрязнении экосистемы. Высшие водные растения в процессе своей жизнедеятельности поглощают растворенные в воде тяжелые металлы, являясь тем самым индикаторами загрязнения водной среды. Для сравнительной характеристики обычно используют один и тот же вид растения. Таковыми, например, является рдест плавающий, манник большой, кубышка желтая, встречающиеся практически на всех мелководных местах отбора проб.

Цель нашего исследования – оценка содержания и особенностей накопления тяжелых металлов высшей водной растительностью (ВВР) из воды малых рек бассейна трансграничной реки Западный Буг на примере р. Лесная, а также изучение перспектив использования макрофитов в качестве фитоиндикаторов тяжелых металлов при оценке качества воды речных экосистем западной части Белорусского Полесья.

Материал и методы

Река Лесная – приток реки Западный Буг. Образуется слиянием рек Леснойлевой и Лесной Правой у с. Угляны Каменецкого района Брестской области. Длина реки 74 км, площадь водосбора – 2 300 км². Основные притоки: правые – Кривуля (длина 13,2 км), Лютая (длина 16,3 км); левый – Градовка (длина 11,4 км). Водосбор занимает в основном район Брестского Полесья, а в северной части входит в пределы Прибугской равнины. Значительная площадь бассейна (17%) в пределах Беларуси по состоянию на 01.01.2006 г. мелиорирована, сдано в эксплуатацию около 780 км открытой осушительной сети каналов. Русло извилистое, свободно меандрирующее, до с. Замосты разветвленное. Берега чаще открытые, местами попеременно поросшие кустарником, крутые, реже обрывистые. Режим реки изучается на двух гидропостах у города Каменец и с. Тюхиничи.

В период с августа по ноябрь 2008 года были проведены рекогносцировочные работы по р. Лесная и заложены 10 репрезентативных створов, на которых отобран индикационный материал (образцы высшей водной растительности, донных отложений и воды из придонных горизонтов водной толщи). Максимум по створу отобрано до 20 видов ВВР. Изучаемые макрофиты являются типичными для водных объектов исследуемого региона.

Пробоподготовка индикационных материалов проводилась по общепринятым методикам. Анализ воды согласно [5] проводится в день отбора. Растительный материал и донные отложения высушивали до воздушно-сухого состояния ($t = 65-70^{\circ}\text{C}$) и измельчали соответственно на лабораторной мельнице МРП-2 и в агатовой ступке. Растительные пробы озоляли (сухой способ) в муфельной печи ($t = 525^{\circ}\text{C}$). Из донных отложений азотнокислой вытяжкой (1М) проводили экстракцию подвижных форм ТМ. Содержание тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu, Zn, Mn, Ni, Co, Cr, Fe) в индикационном материале определено в аккредитованной лаборатории биохимии ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси» атомно-абсорбционным методом на спектрометре SOLAAR MkII M6 Double Beam, 2004 года выпуска, производство Великобритании (химик-аналитик – Ю.Г. Мисюта).

Результаты исследований

Токсичность природных вод в самом общем виде определяется, в первую очередь, составом и концентрацией химических компонентов, находящихся в воде. Все формы химических элементов в водоеме делят на две группы: физико-химические формы, содержащиеся в определенных фракциях поверхностных вод, которые, в свою очередь, подразделяются по их размеру или по их лабильности относительно используемой аналитической техники; химические формы, характеризующиеся или определенными химическими соединениями, или валентным состоянием.

Результаты анализа индикационного материала на предмет содержания тяжелых металлов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Пределы концентраций тяжелых металлов в основных компонентах экосистемы р. Лесная: воде (мг/л), донных отложениях (мг/кг сухого вещества) и макрофитов (мг/кг натуральной биомассы)

Элемент	Вода	ПДК хозяйственно-питьевого / рыбохозяйственного водопользования	Донные отложения	ПДК подвижных форм ТМ	Макрофиты
Pb	0,0008– 0,0011 –	0,10 / 0,03	0,14–1,01 0,67	30,0*	0,003–4,865 0,07
Cd	0,0040– 0,0070 0,005	0,001 / 0,005	0,004 –	–	0,005–0,035 –
Cu	0,0040– 0,0080 0,005	1,00 / 0,01	0,06–0,97 0,40	3,0	0,026–1,47 0,59
Mn	0,0330– 1,2860 0,504	0,10 / 0,01	2,22– 138,67 57,21	1500,0*	20,18–201,22 13,70
Zn	0,0006– 0,0038 0,003	1,00 / 0,01	1,13–2,93 1,90	23,0	1,64–13,81 4,27
Ni	0,0003– 0,010 0,004	0,10 / 0,01	0,05–0,34 0,17	4,0	0,04–0,53 0,06
Co	0,0110– 0,0220 0,009	0,10 / 0,01	0,31–1,12 0,93	5,0	0,01–1,47 0,18
Cr	– 0,0003	0,10 / 0,001	0,08–0,4 0,23	90,0	0,07–1,50 0,83
Fe	0,140– 3,2890 1,611	0,30 / 0,10	104,5– 1798,2 780,77	–	13,63–195,44 233,83

Примечание – * – валовая форма ТМ; первая строка – пределы концентраций; вторая строка – среднее значение фонового аналога (водотоки ГПУ НП «Беловежская Пуща»).

Содержание ТМ в воде

Анализ воды показал, что содержание ряда металлов превышает допустимые нормы, установленные для объектов хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного водопользования [6]. Исключение составили свинец, медь и никель, содержание которых на всей протяженности р. Лесная было зафиксировано ниже ПДК.

Если провести сравнение с допустимыми уровнями содержания микроэлементов, установленных для объектов хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного водопользования, то в воде р. Лесная на всех изучаемых створах допустимым уровням соответствовало содержание свинца, меди, никеля, хрома. Концентрации ионов марганца и железа на всех створах превышали рыбохозяйственные нормы в 3–128 и 1,4–33 раза соответственно. Максимальные концентрации кадмия, марганца и железа были зафиксированы на створе 4 (за г. Каменец), что, вероятно, объясняется влиянием промышленных и бытовых стоков города. Наряду с ионами кадмия, марганца и железа, потенциальными загрязнителями воды на изучаемых створах реки были ионы кобальта и цинка, концентрации которых превышали ПДК рыбохозяйственных норм в 1,1–2,2 и 3,0–3,8 раза соответственно.

Содержание ТМ в донных отложениях

Результаты анализа донных отложений показали, что в целом содержание ТМ не превышает установленных норм ПДК. Однако, как и в воде, наблюдается тенденция избыточного накопления марганца и железа. Сравнение диапазонов концентраций отдельных ТМ в макрофитах и образцах донных отложений позволяет выделить группу металлов (Cd, Cu, Ni, Co, Cr), для которых сходны уровни их аккумуляции в ВВР и в ДО. Что же касается Mn и Fe, то подобная корреляция не прослеживается.

Отмеченные различия в степени накопления ТМ основными депонирующими компонентами гидрозкосистем, вероятно, обуславливаются биогеохимическими видовыми особенностями макрофитов и адсорбционными, ионообменными свойствами осадочного материала, формирующего донные отложения.

Содержание ТМ в макрофитах

Каждое место отбора растительного материала выбиралось с точки зрения максимального произрастания видов ВВР всех четырех экологических групп. Однако многие растения произрастают лишь в определенных условиях гидрологического и гидрохимического режимов. Согласно результатам анализа растительного материала содержание ряда тяжелых металлов в макрофитах варьирует в широких пределах как в зависимости от видовой принадлежности растений, так и среди растений одного вида, произрастающих на разных створах изучаемой реки. В первую очередь это касается Mn и Fe, максимальные и минимальные концентрации которых, обнаруженные в разных видах растений, различаются соответственно до 10 и 14 раз, что свидетельствует о неоднозначности экологической ситуации на обследованных створах и об очевидных различиях аккумуляционной способности видов макрофитов в отношении этих металлов.

Одним из биогеохимических критериев оценки биоаккумуляции ТМ является коэффициент биологического накопления по отношению к воде или донным отложениям. Коэффициент биологического накопления (КБН) равен отношению содержания элемента в макрофите к его содержанию в воде или донных отложениях. Были рассчитаны коэффициенты биологического накопления тяжелых металлов высшей водной растительностью по отношению к воде и донным отложениям, представленные в таблице 3.

Особенно высокие уровни накопления тяжелых металлов, кроме свинца и кадмия, были отмечены у полностью погруженного гидатофита – *Potamogeton natans* L. на створе №4 (за городом Каменец), что также согласуется со значениями КБН из воды и донных отложений.

Концентрация других ТМ в вегетативных органах и корневищах оказалась значительно ниже. Однако следует отметить достаточно высокие максимумы накопления по Zn, наблюдающиеся у *Leersia orizoides* (L.) Sw. (9,68 мг/кг), *Elodea canadensis* Michx. (4,07 мг/кг) и *Rorippa amphibian* (L.) Bess. (3,97 мг/кг) при значительно меньшей интенсивности аккумуляции Ni, Co и Cr и особенно Cd.

Особенности накопления и широта диапазона концентрации по Pb, Zn, Mn и Fe у укореняющихся гидрофитов связана с разделением при анализе на вегетативную часть и корневище [7]. Исключение составило высокое содержание Pb в корневищах *Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmb. (4,865 мг/кг) на участке автомобильной трассы Брест – Каменюки, что очевидно является итогом смыва и накопления этого металла донными отложениями (0,97 мг/кг) и последующей миграцией в корневую систему, которая является физиологическим барьером на пути следования ТМ от корней к вегетативной части растения и генеративным органам.

Таблица 3 – Коэффициенты биологического накопления тяжелых металлов макрофитами р. Лесная по отношению к воде / донным отложениям

№ эко-группы	Вид макрофита	Коэффициент биологического накопления ТМ из H ₂ O / ДО								
		Pb	Cd	Cu	Mn	Zn	Fe	Ni	Co	Cr
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	Ряска малая	–	1,45	44,1	209,5	104,0	89,2	22,4	9,7	16,6
		–	1,8	0,6	0,5	1,0	0,04	0,8	0,1	1,8
	Ряска трехдольная	–	3,1	68,5	484,0	108,3	159,2	30,9	25,5	15,5
		–	4,0	1,0	1,1	1,1	0,1	1,1	0,4	1,6
II	Кубышка желтая	–	2,0	85,5	328,2	121,2	161,0	28,2	24,1	34,6
		–	2,6	1,3	0,8	1,2	0,1	1,0	0,4	3,7
	Кубышка желтая корневища	–	1,8	5,5	532,4	131,0	51,6	9,2	5,3	8,4
		–	2,3	0,1	1,2	1,3	0,03	0,3	0,1	0,9
III	Рдест плавающий	–	6,8	250	1528	728,7	508,8	93,2	104,0	62,2
		–	8,8	3,7	3,5	7,3	0,3	3,2	1,6	6,6
	Элодея канадская	–	1,9	80,0	308,1	214,9	130,6	65,6	22,1	50,6
		–	2,4	1,2	0,7	2,1	0,1	2,2	0,3	5,4
IV	Манник большой	20,19 0,03	2,5 3,2	61,1 0,9	526,4 1,2	153,9 1,5	168,5 0,1	9,0 0,3	0,8 0,01	15,3 1,6
	Манник большой корневища	5121 7,3	1,1 1,5	109,1 1,6	582,5 1,3	232,6 2,3	300,9 0,1	13,0 0,4	38,4 0,6	44,9 4,8
	Рогоз узколистный	–	2,3	50,5	826,9	106,9	35,5	3,5	0,5	11,3
		–	3,0	0,7	1,9	1,1	0,02	0,1	0,01	1,2
	Рогоз узколистный корневища	–	0,6	60,5	708,8	127,4	250,1	–	10,9	24,2
		–	0,7	0,9	1,6	1,3	0,1	–	0,2	2,6
	Схеноплектус озерный	–	3,4	90,2	788,6	86,7	183,6	6,4	5,6	19,9
	–	4,4	1,3	1,8	0,9	0,1	0,2	0,1	2,1	
Леерсия рисовидная	–	4,1	160,8	463,3	511,0	267,4	6,5	0,1	29,0	
	–	5,4	2,4	1,1	5,1	0,1	0,2	0,02	3,1	
Ежеголовник прямой	7,01 0,01	2,3 3,0	66,3 1,0	516,3 1,2	110,7 1,1	69,0 0,03	8,5 0,3	1,5 0,02	20,2 2,2	

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Ежеголовник прямой корня	698,0 1,0	1,7 2,2	122,1 1,8	555,8 1,3	206,1 2,1	291,5 0,1	8,1 0,3	15,9 0,2	49,4 5,3
	Стрелолист обыкновенный	– –	2,7 3,5	92,5 1,4	555,0 1,3	96,7 1,0	182,0 0,1	29,3 1,0	20,1 0,3	17,7 1,9
	Стрелолист обыкновенный корня	17,99 0,026	1,4 1,9	95,1 1,4	319,7 0,7	124,3 1,2	114,9 0,1	36,6 1,2	15,3 0,2	50,5 5,4
	Сиелла прямостоячая	4,96 0,007	1,3 1,7	46,0 0,7	168,6 0,4	93,1 0,9	88,8 0,04	9,1 0,3	2,9 0,04	13,1 1,4
	Сиелла прямостоячая корневища	– –	3,5 4,6	78,3 1,1	192,0 0,4	135,3 1,3	106,7 0,1	34,2 1,2	38,5 0,6	28,5 3,0
	Жерушник земноводный	2,99 0,004	2,4 3,1	63,9 0,9	256,9 0,6	206,3 2,1	167,4 0,1	8,0 0,3	1,4 0,02	24,7 2,6

На основании КБН макрофитами можно выстроить концентрационный ряд ТМ для р. Лесная сезона 2008 года следующим образом в порядке убывания концентраций:



что вполне согласуется с общими закономерностями биоаккумуляции этих элементов растительностью гидрозкоcosystem [3], отражающими степень их участия в минеральном обмене и метаболических процессах у растений в качестве необходимых микроэлементов.

Заклучение

Тяжелые металлы уже сейчас занимают второе место по степени опасности, уступая пестицидам и значительно опережая такие широко известные загрязнители, как двуокись углерода и серы; в прогнозе же они должны стать самыми опасными, более опасными, чем отходы АЭС и твердые отходы. Загрязнение тяжелыми металлами связано с их широким использованием в промышленном производстве вместе со слабыми системами очистки, в результате чего тяжелые металлы попадают в окружающую среду, в том числе и почву, загрязняя и отравляя ее.

Высокая актуальность проблемы загрязнения вод металлами, связанная с их токсичностью и воздействием на генетический фонд, привлекает к ее решению большой круг мировой научной общественности. С учетом актуальности проблемы потенциального вторичного загрязнения малых рек бассейна Западного Буга (четырёх основных притоков: р. Лесная, р. Мухавец, р. Копаявка и р. Пульва) продолжен цикл многолетних комплексных исследований уровня накопления, форм существования и процессов миграции элементов-загрязнителей, выведенных из миграционных потоков (вода – ВВР – ДО) и сконцентрированных в донных отложениях.

Выводы

1. За последние 10–15 лет экологическое состояние р. Лесная существенно изменилось. По данным ЦНИИКИВР [8], в период с 1993 по 1997 гг. тяжелых металлов в воде реки обнаружено не было. В настоящее время некоторые металлы (Cd, Mn, Fe, Co) уже превышают предельно допустимые значения.

2. Характеризуя в целом экологическое состояние р. Лесная по содержанию ТМ в водных растениях, можно отметить, что вся река испытывает по отношению

к ним антропогенную нагрузку, степень которой неодинакова на разных участках. Существует общая тенденция снижения содержания металлов в растениях по мере удаления их от источников загрязнения (г. Каменец), но загрязнение марганцем и железом прослеживается на всей реке.

3. Получены базовые результаты по флористическому разнообразию высшей водной растительности и накоплению тяжелых металлов макрофитами р. Лесная, которые позволили установить уровни их содержания в зависимости от видовой и групповой (гидро-, гидато- и гигрофиты) принадлежности и на различных участках реки.

4. Для р. Лесная наилучшими тест-индикаторами качества воды из представленных выше видов макрофитов

- по результатам КБН из воды являются рдест плавающий (*Potamogeton natans* L.), манник большой (*Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmb.), леерсия рисовидная (*Leersia oryzoides* L. Sw), ежеголовник прямой (*Sparganium erectum* L.). Важным их преимуществом является высокая концентрационная способность по отношению к ТМ, устойчивость к поллютантам, а также распространенность на различных участках водоема;

- по результатам КБН из донных отложений являются рдест плавающий (*Potamogeton natans* L.), леерсия рисовидная (*Leersia oryzoides* L. Sw), корни ежеголовника прямого (*Sparganium erectum* L.) и корневища манника большого (*Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmb.), сиеллы прямостоячей (*Siella erecta* (Huds.) M. Pimen).

5. Наименьшие значения КБН из воды макрофитами тяжелых металлов у Cd, что подтверждает данные о том, что в воде Cd превышает ПДК, а в растениях он накапливается в малых количествах, напротив, у Mn и Fe значения КБН максимальны, что говорит о том, что растения в большей степени накапливают эти элементы, так как эти элементы участвуют в одном из важнейшем физиологическом процессе растения – фотосинтезе.

Работа выполняется при финансовой поддержке гранта молодых ученых БРФФИ Наука-М-2009 «Особенности миграции тяжелых металлов в донных отложениях и высшей водной растительности р. Лесная и р. Копаявка» (№ госрегистрации 20091586).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. Власов, Б.П. Использование высших водных растений для оценки и контроля за состоянием водной среды : метод. рекоменд. / Б.П. Власов, Г.С. Гигевич // Минск : БГУ, 2002. – 84 с.
2. Бурдин, К.С. Тяжелые металлы в водных растениях (аккумуляция и токсичность) / К.С. Бурдин, Е.Ю. Золотухина. – М. : Диалог МГУ, 1998. – 202 с.
3. Никаноров, А.М. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах / А.М. Никаноров, А.В. Жулидов. – Л. : Гидрометеоздат, 1991. – 308 с.
4. Галиулин, Р.В. Профилактика загрязнений ландшафтов тяжелыми металлами: фиторемедиация сточных вод / Р.В. Галиулин, Р.Р. Галиулина // Агрехимия. – 1999. – № 3. – С. 84–91.
5. Качество воды. Определение кобальта, никеля, меди, цинка, кадмия и свинца. Пламенные атомно-абсорбционные спектрометрические методы: ИСО 8288.
6. Сборник санитарно-гигиенических нормативов и методов контроля вредных веществ в объектах окружающей среды. – М. : Междунар. фонд конверсии. Центр экологических проблем. 1991. – 370 с.

7. Мисюта, Ю.Г. Особенности накопления тяжелых металлов гидрофитами реки Лесная / Ю.Г. Мисюта, А.Н. Лацевич // Сахаровские чтения 2009 года: экологические проблемы XXI века : материалы 9-ой междунар. науч. конфер., г. Минск, 21–22 мая 2009 г. / под ред. С.П. Кундаса, С.Б. Мельнова, С.С. Позняка. – Минск, 2009. – С. 179.

8. Исследование качества приграничных вод реки Западный Буг : отчет о НИР (заключ.) / ЦНИИКИВР. – Минск, 1997. –131 с. – № ГР 19972931.

Y.G. Misyuta, A.A. Volchek, N.S. Stupenj, A.N. Laceyvich. The Contents of Heavy Metals in the Rivers Hidroekosisteme Wood

The characteristic of a ecology-toxicological role of heavy metals and is given to a bioindicator role of the maximum water vegetation in monitoring pollution of superficial waters by heavy metals. On an example of the river Wood the hydrochemical situation is studied and the contents of heavy metals in water, ground adjournment and maximum water vegetation a various ecological accessory is certain. Perspectivity of use studied maximum water vegetation with a view of bioindication and fitoremediation polluted hidroecosistems is discussed.