

УДК 581.526.3(471.51)(045)

## СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В МАКРОФИТАХ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРУДОВ СГУП «РЫБХОЗ «ПИХТОВКА» (УДМУРТСКАЯ РЕСПУБЛИКА)

© 2014 О.А. Капитонова<sup>1</sup>, В.С. Шалавина<sup>2</sup>, А.В. Алтынцев<sup>1</sup>Удмуртский государственный университет, г. Ижевск  
Эколого-биологический центр, г. Воткинск

Поступила 03.02.2014

Представлены результаты изучения содержания ионов пяти тяжелых металлов (Fe, Mn, Ni, Zn, Cu) в вегетативных органах ряда видов макрофитов (*Carex acuta*, *Equisetum fluviatile*, *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *T. latifolia*), произрастающих в рыбоводческих прудах СГУП «Рыбхоз «Пихтовка» (Удмуртская Республика), специализирующегося на выращивании товарного карпа. Показано в целом приемлемое качество среды обитания карпа, несмотря на превышение норм ПДК для растений по некоторым металлам. В целях профилактики загрязнения водных экосистем ионами тяжелых металлов предложены биотехнические мероприятия, применение которых позволит оптимизировать среду обитания гидробионтов в условиях аквакультуры.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, макрофиты, прибрежно-водные растения, аквакультура, СГУП «Рыбхоз «Пихтовка», Удмуртская Республика.

## ВВЕДЕНИЕ

Производство экологически чистой сельскохозяйственной продукции диктует необходимость нормировать уровни концентрации опасных веществ в объектах экологических систем агроферы. Особое значение в формировании качества продуктов питания имеет содержание в компонентах окружающей среды тяжелых металлов (ТМ), которые признаны одними из наиболее опасных загрязняющих веществ в современных условиях, уступая только пестицидам, а в будущем, согласно прогнозам специалистов, они станут самыми опасными загрязнителями, опережая радиоактивные отходы и органические вещества [1]. Первым уровнем накопления ТМ являются растительные организмы, которые либо непосредственно употребляются в пищу человеком или служат основой для производства пищевых продуктов растительного происхождения, либо используются на корм сельскохозяйственным животным. В последнем случае контроль над содержанием ТМ в растительных кормах не регламентируется государственными стандартами. Тем не менее, в литературе имеются сведения, устанавливающие пределы нормального и токсичного содержания металлов в растениях, используемые при осуществлении экологического контроля состояния среды обитания сельскохозяйственных животных. Уровень содержания ТМ в тканях кормовых растений является важной экологиче-

ской характеристикой. Растения, в которых концентрации ионов металлов превышают установленные значения ПДК для растений, могут служить начальным звеном биоаккумуляции загрязняющих веществ в пищевой цепи, что в конечном итоге может привести к получению экологически опасной продукции животного происхождения. Последнее обуславливает необходимость осуществления мониторинга состояния элементов окружающей среды в районах сельскохозяйственного производства, в частности, слежение за уровнями содержания в растениях и динамикой концентрации в них ТМ.

Одним из производителей животноводческой продукции на территории Удмуртской Республики (УР) является сельскохозяйственное государственное унитарное предприятие (СГУП) «Рыбхоз «Пихтовка» – прудовое хозяйство, специализирующееся на выращивании товарного карпа. В настоящее время это единственное крупное полносистемное рыбоводческое предприятие в УР, успешно реализующее свою продукцию не только в пределах республики, но и поставляющее его на рынки других регионов России [2,3], что определяет жесткий контроль качества производимой на предприятии продукции. Одним из условий выращивания безопасной по содержанию ТМ продукции является формирование приемлемого качества среды обитания карпа, что во многом зависит от состояния растительной составляющей прудовых экосистем, используемых для выроста и нагула рыбы, в том числе содержания в них ТМ. Последнее является немаловажным фактором, имеющим значение как в очищении прудовой воды от ТМ за счет аккумуляции их в водных и прибрежно-водных растениях (макрофитах), так и в процессах вторичного автохтонного

Капитонова Ольга Анатольевна, кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой общей экологии, [karoa@uni.udm.ru](mailto:karoa@uni.udm.ru); Шалавина Валентина Сергеевна, педагог дополнительного образования, [shavs@mail.ru](mailto:shavs@mail.ru); Алтынцев Алексей Владимирович, стажер-исследователь кафедры общей экологии, магистр экологии, [blitzpast@mail.ru](mailto:blitzpast@mail.ru)

загрязнения воды в результате ежегодного отмирания однолетних частей растений и выщелачивания ионов металлов из разлагающейся мертвой органики. Кроме того, макрофиты являются источниками поступления ТМ в организмы растительноядных гидробионтов, к которым, в частности, относится и карп, что требует осуществления контроля уровней содержания токсичных веществ в растениях, поедаемых рыбой.

Несмотря на более чем 30-летний период функционирования СГУП «Рыбхоз «Пихтовка», изучение содержания ТМ в компонентах водных экосистем хозяйства до настоящего времени не проводилось, что и определило цель наших исследований, которая заключалась в установлении уровней концентрации ряда приоритетных ТМ в некоторых наиболее широко распространенных в прудах рыбхоза видах макрофитов.

СГУП «Рыбхоз «Пихтовка» находится в Воткинском районе УР, в 15 км к северо-востоку от г. Воткинска (рис. 1). Строительство хозяйства было начато в 1971 г. и в основном завершено в 1979 г. На сегодняшний день рыбхоз является полносистемным хозяйством и располагает всеми категориями прудов, которых в общей сложности насчитывается 47. Общая площадь водных объектов хозяйства составляет более 600 га, из которых 449 га занято под нагульными прудами, 107 га под выростными и 87 га занимает головной пруд (рис. 1). Небольшую площадь имеют летнематочные пруды. Основным источником водоснабжения хозяйства является р. Большая Кивара (левобережный приток р. Сивы). Подача воды в пруды производится по открытым земляным каналам и закрытым бетонированным [3].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основу для выполнения исследований составили эколого-ботанические материалы, собранные в течение вегетационного сезона 2012 г. на акватории нагульных и выростных прудов СГУП «Рыбхоз «Пихтовка». Содержание ТМ определяли только в растительных образцах, без учета их концентрации в воде и донных отложениях. Выбор растений в качестве объектов исследований был сделан в соответствии с принципами отбора организмов для мониторинга качества окружающей среды [4, 5, 6]. Согласно этим принципам, при выборе биообъекта в качестве индикатора следует учитывать структурные (биомасса, представительность и частота встречаемости данного вида в пределах различных биогеоценозов) и функциональные (динамика накопления токсиантов, время жизни, биологическая продуктивность) признаки. В соответствии с этим мы остановили свой выбор на пяти видах, имеющих широкое распространение в пределах исследованного хозяйства и способных произрастать как в чистых, так и антропогенно загрязненных экотопах: осока острая (*Carex acuta* L.), хвощ приречный (*Equisetum fluviatile* L.), тростник южный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), рогозы узколистый (*Typha angustifolia* L.) и широколистный (*T. latifolia* L.). Все пять видов относятся, согласно эколого-биоморфологической классификации макрофитов В.Г. Папченкова [7], к прибрежно-водным растениям, при этом первый из них является гигрогелофитом, *E. fluviatile* – низкотравным гелофитом, остальные представляют экогруппу высокотравных гелофитов.



Рис. 1. Карта-схема СГУП «Рыбхоз «Пихтовка» и расположение его на территории УР. Условные обозначения: ГП – головной пруд, НП – нагульный пруд, ВП – выростной пруд.

Образцы вегетативных органов растений (листьев и стеблей) собирали с 3-5 особей, произрастающих друг от друга на расстоянии до 1 м, с водопокрытого грунта при глубине воды до 0,5 м. Собранные образцы смешивали и получали объединенную пробу весом около 250 г. В лаборатории пробы высушивали до воздушно-сухого состояния и хранили в полиэтиленовых пакетах до проведения химического анализа. Всего отобрана 31 смешанная проба вегетативных органов растений, в т.ч. 23 пробы с акватории нагульных прудов и 8 проб – с выростных прудов. Из общего количества растительных образцов 2 пробы принадлежат *P. australis*, по 3 пробы *C. acuta* и *E. fluviatile*, 11 проб *T. latifolia* и 12 проб *T. angustifolia*.

В отобранных растительных образцах определяли содержание пяти ТМ: Fe, Mn, Ni, Zn, Cu. Для определения подвижных форм исследованных металлов был использован метод атомной аб-

сорбции с применением атомно-абсорбционных спектрофотометров «СА–10МП (с вольфрамовым спиральным анализатором)» (для Fe и Mn) и «КВАНТ.З–ЭТА» (для Ni, Zn и Cu). Подготовка образцов к химическому анализу проводилась в соответствии с принятыми методическими указаниями и рекомендациями [8,9]. По результатам химического анализа проведен стандартный статистический анализ [10] с использованием компьютерной программы STATISTICA 6.0. Достоверность различия между двумя выборочными средними оценивали с помощью критерия Стьюдента при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно данным ряда авторов [11,12,13] нормальное и токсичное содержание ТМ в растениях можно свести к следующим значениям (табл. 1).

**Таблица 1.** Нормальное и токсичное содержание ТМ в растениях, мг/кг сухого веса (по данным [11,12,13])

Элемент	Нормальное содержание			Токсичное содержание		
	[11]	[12]	[13]	[11]	[12]	[13]
Fe	20-300	18-1000	20-300	>750	?	>750
Mn	15-150	20-300	15-150	>300	>300	>300
Ni	0,1-1	0,1-5	0,05	>1-3	>10	>3-5
Zn	15-150	20-45	<100	>150	>10	>100
Cu	3-40	5-20	6	>40	>20	>20-30

Приведенные в табл. 1 данные носят усредненный характер. Поскольку для растений свойственна неодинаковая потребность в элементах минерального питания, оптимальные и пороговые концентрации химических элементов у них могут существенно различаться в зависимости от видовой принадлежности [14, 15]. Более того, как подчеркивает В.В. Ковальский [14], даже для одного вида или культуры уровни пороговых концентраций не постоянны, они могут меняться под влиянием климатических, почвенно-геохимических и других условий. Тем не менее, вышеприведенные усредненные значения ПДК ТМ для растений ориентированы, прежде всего, на получение гигиенически чистой продукции и для целей охраны природы, в связи с чем становится понятной важность привлечения этих данных в работах эколого-токсикологического характера.

Согласно полученным нами данным, исследованные виды макрофитов в целом имеют приемлемые уровни концентрации ТМ в листьях и стеблях (табл. 2). Тем не менее, в фотосинтезирующих органах ряда видов содержание некоторых металлов превышает установленные для растений нормы ПДК. Так, выявлено превышение в 1,5-2,6 раза содержания Fe в осоке острой из 4 и 5 нагульных прудов, а также в 3,9-4,6 раза содержания Fe в хвоще приречном из этих же прудов, причем осока имеет статистически значимые различия с хвощом и обоими видами рогоза по уров-

ню содержания этого металла, а концентрация железа в хвоще достоверно отличается от его содержания во всех исследованных видах макрофитов. Железо является необходимым элементом растительной клетки, выполняя очень важные каталитические функции и принимая участие в различных окислительно-восстановительных реакциях дыхания, фотосинтеза, азотфиксации и других процессах [12, 16, 17]. Как нами было показано ранее [18], в макрофитах железо аккумулируется в основном в подземных органах, что считается важным проявлением защитной функции корневой системы в растительном организме [13, 19]. И хотя известно, что по сравнению с другими ТМ данный элемент как токсичный поллютант особого значения не имеет [20], тем не менее, высокие концентрации железа в надземных органах ряда видов, отражающие их биологические особенности и свидетельствующие о способности этих макрофитов аккумулировать данный металл в фотосинтезирующих тканях, могут привести к вторичному загрязнению водной экосистемы. В свою очередь, это опосредованно, через воду, насыщенную ионами железа, может отразиться на качестве выращиваемой продукции, т.к. использование карпом вышеперечисленных видов макрофитов в качестве кормовой базы незначительно. Таким образом, осока острая и хвощ приречный выступают как растения-концентраторы железа в листьях и стеблях, что должно учиты-

**Таблица 2.** Содержание ТМ в фотосинтезирующих органах исследованных видов макрофитов в прудах СГУП «Рыбхоз «Пихтовка»

	Вид	ПН*	Fe	Mn	Ni	Zn	Cu
1.	Тростник южный	№ 2 (2НП)	101,27	67,15	0,13	7,15	0,98
		№ 33 (3НП)	151,13	<b>581,26</b>	0,09	9,15	0,52
M ± m			126,20 ± 24,93 (3)	<b>324,21 ± 257,06</b>	0,11 ± 0,02 (5)	8,15 ± 1,00	0,75 ± 0,23
2.	Осока острая	№ 4 (4НП)	<b>1106,40</b>	128,35	0,11	<b>13,41</b>	1,50
		№ 7 (5НП)	<b>2007,28</b>	201,01	0,91	<b>28,12</b>	0,90
		№ 36 (6НП)	127,12	66,18	1,23	<b>45,19</b>	0,78
M ± m			<b>1080,27 ± 542,91</b> (3,4,5)	131,85 ± 38,96	0,75 ± 0,33 (4,5)	<b>28,91 ± 9,18</b> (4,5)	1,06 ± 0,22
3.	Хвощ приречный	№ 13 (4НП)	<b>3151,10</b>	112,46	1,00	6,19	0,13
		№ 40 (5НП)	<b>3480,00</b>	208,60	0,90	3,12	0,23
		№ 47 (5НП)	<b>2901,01</b>	150,76	0,06	7,83	1,00
M ± m			<b>3177,37 ± 167,66</b> (1,2,4,5)	157,28 ± 27,94	0,65 ± 0,30 (4,5)	5,71 ± 1,38	0,45 ± 0,28
4.	Рогоз широколистный	№ 16 (2НП)	22,04	150,16	0,03	4,10	0,69
		№ 27 (4НП)	312,00	78,16	0,05	<b>28,13</b>	1,26
		№ 32 (7НП)	50,84	289,16	0,98	2,15	0,11
		№ 34 (8НП)	192,15	28,16	0,09	1,53	0,85
		№ 37 (3НП)	42,97	271,08	0,02	1,87	1,64
		№ 39 (5НП)	130,55	178,92	0,03	6,27	1,91
		№ 41 (6НП)	82,08	120,82	0,04	6,91	3,00
		M ± m (по НП)	118,95 ± 39,01	159,49 ± 36,22	0,18 ± 0,13	7,28 ± 3,57	1,35 ± 0,36
		№ 44 (6ВП)	140,82	261,33	0,04	7,31	0,74
		№ 46 (3ВП)	59,14	124,15	0,03	1,82	0,06
		№ 54 (4ВП)	142,01	202,01	0,02	6,23	0,11
		№ 56 (5ВП)	97,05	<b>802,05</b>	0,03	<b>19,44</b>	1,12
M ± m (по ВП)			109,75 ± 19,85	<b>347,38 ± 154,14</b>	0,03 ± 0,00	8,70 ± 3,77	0,50 ± 0,26
M ± m			115,60 ± 25,02 (2,3)	227,82 ± 62,53	0,13 ± 0,09 (2,3)	7,80 ± 2,54 (2)	1,04 ± 0,27
5.	Рогоз узколистный	№ 22 (4НП)	15,24	138,12	0,01	6,81	0,02
		№ 48 (4НП)	20,45	154,13	0,08	5,17	0,10
		№ 49 (3НП)	46,70	198,23	0,05	<b>11,21</b>	1,09
		№ 50 (3НП)	251,08	<b>403,10</b>	0,06	5,01	0,19
		№ 51 (2НП)	200,41	<b>303,19</b>	0,05	6,12	2,01
		№ 52 (5НП)	55,01	106,02	0,06	4,00	3,09
		№ 53 (6НП)	13,08	204,89	0,02	8,95	0,10
		№ 55 (7НП)	155,69	<b>500,83</b>	0,02	6,11	2,16
		M ± m (по НП)	94,71 ± 33,20	251,07 ± 49,34	0,04 ± 0,01	6,67 ± 0,83	1,10 ± 0,42
		№ 17 (5ВП)	93,17	<b>412,50</b>	0,08	<b>14,09</b>	0,72
		№ 42 (3ВП)	31,05	<b>302,02</b>	0,03	3,10	0,71
		№ 43 (4ВП)	95,70	<b>360,69</b>	0,04	9,10	2,09
		№ 45 (6ВП)	81,41	146,72	0,05	<b>20,11</b>	0,90
M ± m (по ВП)			75,33 ± 15,09	<b>305,48 ± 57,53</b>	0,05 ± 0,01	<b>11,60 ± 3,62</b>	1,11 ± 0,33
M ± m			88,25 ± 22,27 (2,3)	269,20 ± 37,33	0,05 ± 0,01 (1,2,3)	8,32 ± 1,40 (2)	1,10 ± 0,29

Примечание: \* Полевой номер места сбора (номер и категория пруда). M ± m – среднее значение и стандартная ошибка, НП – нагульные пруда, ВП – выростные пруды; цифры в скобках означают порядковые номера видов в таблице, в фотосинтезирующих органах которых концентрации соответствующего металла имеют статистически значимые (при p < 0,05) различия.

ваться при проведении биотехнических мероприятий по регулированию качества среды обитания карпа. Наиболее предпочтительным при-

мом оптимизации условий содержания карпа в нагульных прудах можно считать периодическое выкашивание части надземной биомассы хвоща и

осоки для предупреждения вторичного загрязнения воды ионами железа.

Незначительное (в 1,2-2,7 раза) превышение ПДК для растений установлено и по марганцу в листьях тростника, рогоза узколистного и в одном случае – рогоза широколистного, произрастающих в ряде исследованных нагульных и выростных прудов. При этом выявленные концентрации этого металла не имеют статистически значимых различий с уровнем содержания марганца в листьях других исследованных видов макрофитов. В литературе имеются сведения о концентрации марганца в листьях, что может быть связано с его участием в процессах фотосинтеза, нормальном протекании реакций цикла Кребса, синтеза нуклеиновых кислот [21]. Считается также, что Mn активно поглощается и легко переносится в растениях, не связываясь с нерастворимыми органическими лигандами [12], следствием чего и являются наблюдаемые высокие концентрации этого металла в листьях [22], в особенности старых [23,24]. Нами ранее также были установлены более высокие концентрации марганца в листьях макрофитов по сравнению с их подземными органами [18]. Единичные установленные случаи превышения содержания этого металла в прудовых экосистемах хозяйства не являются серьезным поводом для беспокойства, тем не менее, в целях профилактики марганцевого загрязнения можно рекомендовать проводить периодические выкашивания надземной фитомассы части зарослей тростника и рогоза узколистного во 2, 3 и 7 нагульных прудах и в 3, 4 и 5 выростных прудах, а также рогоза широколистного в 5 выростном пруду.

По никелю и меди не установлены превышения их содержания в вегетативной сфере изученных видов, хотя в ряде случаев макрофиты статистически значимо различались по концентрации Ni в своих фотосинтезирующих органах.

По цинку также выявлены лишь единичные случаи превышения ПДК для растений, причем по зарубежным, более строгим в отношении этого металла нормативам [12]. Можно лишь заметить, что и в этом случае осока острая выступает в качестве условного концентратора цинка в вегетативной сфере, поэтому биотехнические мероприятия, рекомендуемые в отношении этого вида в целях снижения нагрузки на водные экосистемы по железу, будут иметь положительный эффект и в связи с профилактикой цинкового загрязнения водной среды.

Анализ полученных данных позволяет предполагать об отсутствии серьезных источников загрязнения экосистем хозяйства тяжелыми металлами. Среди возможных причин некоторого увеличения ТМ в растениях можно назвать поступление их с территории с. Пихтовка и окрест-

ных сельскохозяйственных угодий тальми и дождевыми водами в р. Б. Кивара, снабжающую водой прудовое хозяйство. Кроме того, известно, что почвообразующие породы, почвы и природные воды Предуралья в целом и территории Удмуртии в частности характеризуются повышенным содержанием ряда микроэлементов, что обусловлено особенностями генезиса указанной территории [25]. Так, как аномальное явление отмечается высокое содержание марганца в природных водах Удмуртии, высокими значениями концентрации отличается и медь, что особенно характерно для гидроморфных почв аквальных ландшафтов [25]. В этой связи можно говорить о повышенном природном фоне содержания некоторых ТМ в компонентах наземных и водных экосистем Удмуртии, что, несомненно, отражается и на элементном составе растительного покрова.

Таким образом, проведенные исследования указывают на в целом приемлемые условия выращивания товарного карпа, имеющиеся в СГУП «Рыбхоз «Пихтовка». В целях поддержания благоприятной по уровням концентрации изученных ТМ среды обитания гидробионотов, а также оптимизации условий по железу и марганцу и профилактики цинкового загрязнения водной среды рекомендуется периодическое проведение простейших биотехнических мероприятий, заключающихся в изъятии части надземной фитомассы видов-концентраторов указанных металлов и удалении их из водной экосистемы, что будет препятствовать вторичному (автохтонному) загрязнению воды ионами ТМ. Рекомендуемые профилактические меры не связаны с большими экономическими затратами, но крайне необходимы для экологической оптимизации среды выращивания товарной рыбной продукции в условиях аквакультуры.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лапчинская Л.В., Мирка Г.Е., Подоба И.М.* Химический состав почвенно-растительного покрова г. Харькова // Эколого-геохимический анализ техногенного загрязнения. М.: ИМГРЭ, 1991. С. 116-126.
2. *Варфоломеев В.В., Крылов Г.С.* Промышленное рыборазведение в условиях Удмуртской АССР. Опыт рыбхоза «Пихтовка» / Предисловие А.И. Логинова. Устинов: Удмуртия, 1986. 82 с.
3. *Крылов Г.С.* Выращивание рыбопосадочного материала карпа в первой зоне прудового рыбоводства: Монография. Ижевск: РИО ФГОУВПО «Ижевская ГСХА», 2004. 143 с.
4. *Николишин И.Я.* Возможности использования растений в качестве индикаторов накопления и действия тяжелых металлов в экологическом мониторинге // Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. Т. 1. Л.: Гидрометеиздат, 1978. С. 42-56.
5. *Бурдин К.С.* Основы биологического мониторинга. М.: МГУ, 1985. 158 с.

6. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Учеб. пособие в двух частях: Ч. 2. Специальная / Ю.А. Афанасьев, С.А. Фомин, В.В. Меньшиков и др. М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. 337 с.
7. Папченко В.Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья: Монография. Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. 214 с.
8. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. М.: Гидрометеоиздат, 1981. 108 с.
9. Кузнецов М.Ф. Химический анализ почв и растений в экологических исследованиях. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1997. 102 с.
10. Лакин Г.Ф. Биометрия: Учеб. пособие для биол. спец. вузов. М.: Высш. школа, 1990. 352 с.
11. Ильин В.Б., Степанова М.Д. Тяжелые металлы – защитные возможности почв и растений – урожай // Химические элементы в системе почва – растение. Новосибирск: Наука, 1982. С. 73-92.
12. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. М.: Мир, 1989. С. 439.
13. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.
14. Ковальский В.В. Геохимическая экология. М.: Наука, 1974. 300 с.
15. Черных Н.А., Ладонин В.Ф. Нормирование загрязнения почв тяжелыми металлами // Агрехимия. 1995. № 6. С. 71-80.
16. Ильин В.Б. Элементный химический состав растений. Новосибирск: Наука, 1985. 129 с.
17. Физиология растительных организмов и роль металлов / Под ред. Н.М. Чернавской. М.: Изд-во МГУ, 1989. 157 с.
18. Капитонова О.А. Макрофиты в условиях промышленной среды. Ижевск, 2007. 168 с.
19. Важенин И.Г. Корни растений как биоиндикатор уровня загрязненности почвы токсическими элементами // Агрехимия. 1984. № 2. С. 73-77.
20. Никаноров А.М., Жулидов А.В., Покаржевский А.Д. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 144 с.
21. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. Л.: Наука, 1974. 324 с.
22. Лархер В. Экология растений: Пер. с нем. / Под ред. Т.А. Работнова. М.: Мир, 1978. 185 с.
23. Власюк П.А., Климовицкая З.М. Физиологическое значение марганца для роста и развития растений. М.: Колос, 1968. 162 с.
24. Бингам Ф.Т., Перья Ф.Д., Джеррелл У.М. Токсичность металлов в сельскохозяйственных культурах // Некоторые вопросы токсичности ионов металлов: Пер. с англ. / Под ред. Х. Зигеля, А. Зигель. М.: Мир, 1993. 101-130.
25. Кузнецов М.Ф. Микроэлементы в почвах Удмуртии. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1994. 287 с.

## THE CONTENT OF HEAVY METALS IN MACROPHYTES OF THE FISHERY PONDS ASUE "RYBKHOZ" PIKHTOVKA" (UDMURT REPUBLIC)

© 2014 O.A. Kapitonova<sup>1</sup>, V.S. Shalavina<sup>2</sup>, A.V. Altyntsev<sup>1</sup>

Udmurt State University, Izhevsk  
Ecological and Biological Center of the town Votkinsk

The results of studying the contents of five heavy metals (Fe, Mn, Ni, Zn, Cu) in the vegetative organs of macrophytes (*Carex acuta*, *Equisetum fluviatile*, *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *T. latifolia*) growing in fishery ponds ASUE "Rybkhoz "Pikhtovka" (Udmurt Republic) are presented. The quality of aquatic habitat despite on exceeding the standards of the threshold limit value (TLV) of some metals in general normal is shown. Biotechnical measures were proposed for the prevention of pollution of aquatic ecosystems with heavy metals.

**Key words:** heavy metals, macrophytes, aquaculture, semiaquatic plants, ASUE «Rybkhoz «Pikhtovka», Udmurt Republic.

---

Kapitonova Olga Anatoljevna, Candidate of biological sciences, associate professor, kapoa@uni.udm.ru; Shalavina Valentina Sergeevna, shavs@mail.ru; Altyntsev Alexey Vladimirovich, Masters degree of the ecology, blitzpast@mail.ru